



Henrique Manuel Sequeira Costa

Licenciado em Engenharia Química e Bioquímica

Estudo da pegada de carbono das Indústrias do Couro e Desenvolvimento de uma Ferramenta de Cálculo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Doutora Mafalda Tomé Pessoa Lopes, Departamento ID&T, CTIC

Co-orientador: Professor Mário Fernando José Eusébio, Professor Auxiliar do Departamento de Química, FCT NOVA

Júri:

Presidente: Doutor Rui Manuel Freitas Oliveira, Professor Associado com agregação do Departamento de Química, FCT NOVA

Vogal: Doutor Nuno Carlos Lapa dos Santos Nunes, Professor Auxiliar do Departamento de Química, FCT NOVA

Vogal: Doutor Mário Fernando José Eusébio, Professor Auxiliar do Departamento de Química, FCT NOVA



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho, 2021

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar ao Dr. Alcino Martinho, Diretor Geral do CTIC, pela oportunidade, de realizar o estágio curricular nas instalações do CTIC, que foi a minha primeira experiência profissional.

Ao Eng.º Mário Marques, pela disponibilidade demonstrada para a realização do estudo na empresa Marsipel, o que possibilitou a acompanhar o processo de transformação do couro e também aprendizagem da indústria de curtumes, tema que eu não tinha qualquer conhecimento e revelou-se uma indústria bastante mais complexa do que imaginava.

Ao Eng.º João Paulo Flores, no esclarecimento de dúvidas e de fornecimento de dados fulcrais, para o estudo realizado.

Ao Eng.º Nuno Silva, pela disponibilidade para esclarecimento de dúvidas que surgiram ao longo do estágio e pela partilha de documentos que foram essenciais no desenvolvimento do estudo.

Ao Eng.º Joaquim Gaião, pela disponibilidade para esclarecimento de dúvidas que surgiram ao longo do estágio e pelo fornecimento de dados, acerca do processo de produção do couro, que foram fundamentais para desenvolvimento do estudo.

À Doutora Mafalda Lopes, a minha orientadora do estágio, pela disponibilidade demonstrada para esclarecimento de dúvidas acerca do estudo e também por todo o apoio no tema de organização e programação das várias etapas do estágio.

Um muito obrigado ao Professor Mário Eusébio, pela oportunidade de efetuar este estágio, pelas críticas construtivas, pelas sugestões e pela ajuda no decorrer deste estudo e nos últimos anos.

Ao Professor Nuno Lapa, pela disponibilidade demonstrada no esclarecimento de dúvidas e pela partilha da base de dados EcoInvent 3.5.

Agradeço também à minha família, por todo o apoio, quer a nível financeiro quer emocional.

Por fim quero a todos os colaboradores do CTIC, pela simpatia, fácil integração e dinâmica muito agradável, que me proporcionou uma boa experiência e obrigado por todos os ensinamentos que me transmitiram.

Resumo

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do estudo da pegada de carbono na Indústria de Curtumes e consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta que permitiu avaliar a mesma na empresa de curtumes, a Marsipel, que serviu de caso de estudo.

No estudo foi considerado 1 m² de pele acabada como unidade funcional, e os dados tiveram por base o ano 2019. Após análise, selecionaram-se as metodologias: EN 16887:2017, *Consequential* e ReCiPe Midpoint (H) v 1.13. Os principais resultados obtidos foram: para o artigo Selvagem (*Wet-White*) 19,60 kgCO₂eq/m², Nobuck (*Wet-Blue*) 20,21 kgCO₂eq/m² e Camurça (*Wet-Blue*) 21,26 kgCO₂eq/m². Os valores calculados apresentam-se acima do valor de referência de 17 kgCO₂eq/m² da EN 16887:2017.

As principais medidas de mitigação propostas são a valorização dos resíduos e a instalação de painéis solares fotovoltaico. A aplicação destas medidas em conjunto com a consideração mais realista de que as máquinas utilizam apenas 65% da sua potência máxima, permite obter os seguintes valores otimizados: Selvagem 17,17 kgCO₂eq/m², Nobuck 17,02 kgCO₂eq/m² e a Camurça 18,01 kgCO₂eq/m².

Na produção de 1 m² de pele Selvagem acabada são usados 111,03 litros de água de processo, 6,58 kg de substâncias químicas e 7,79 kWh de energia elétrica. Na produção de 1 m² de pele Nobuck acabada são usados 94,95 litros de água de processo, 3,96 kg de substâncias químicas e 12,46 kWh de energia elétrica. Na produção de 1 m² de Camurça acabada são usados, 93,16 litros de água de processo, 4,25 kg de substâncias químicas e 12,78 kWh de energia elétrica.

Da aplicação da ferramenta formulada ao caso de estudo, pode concluir-se que as 3 fases que tem maior impacto para o valor da pegada final são: Curtume que representa, em média, 43% das emissões de CO₂; o Recurtume com 20-43% e o Acabamento com valores de 12-29 %. Estas duas últimas etapas apresentam uma variabilidade grande de artigo para artigo.

Palavras-chave: Curtume, pegada de carbono, alterações climáticas, transformação do couro

Abstract

This dissertation was elaborated within the scope of the study of the carbon footprint in the Tanning Industry and consisted in the development of a tool that allowed evaluating it in the tannery company, Marsipel, which served as a case of study.

In the study, 1 m² of finished skin was considered as a functional unit, and the data were based on the year 2019. After analysis, the following methodologies were selected: EN 16887:2017, Consequential and ReCiPe Midpoint (H) v1.13. The main results obtained were: for the article Selvagem (Wet-White) 19,60 kgCO₂eq/m², Nobuck 20,21 kgCO₂eq/m² and Camurça 21,26 kgCO₂eq/m². The calculated values are above the reference value of 17 kgCO₂eq/m² of EN 16887:2017.

The main mitigation measures proposed are the recovery of waste and the installation of photovoltaic solar panels. The application of these measures together with the more realistic consideration that the machines use only 65% of their maximum power, allows to obtain the following optimized values: Selvagem 17,17 kgCO₂eq/m², Nobuck 17,02 kgCO₂eq/m² and Camurça 18,01 kgCO₂eq/m².

In the production of 1 m² of finished Selvagem hide are used, 111,03 liters of process water, 6,58 kg of chemicals substances and 7,79 kWh of electricity. In the production of 1 m² of finished Nobuck are used, 94,95 liters of process water, 3,96 kg of chemical substances and 12,46 kWh of electricity. In the production of 1 m² of finished Camurça hide are used, 93,16 liters of process water, 4,25 kg of chemicals substances and 12,78 kWh of electricity.

From the application of the formulated tool to the case of study, it can be concluded that the 3 phases that have the greatest impact on the value of the final footprint are: Tannery, which represents, on average, 43% of CO₂ emissions; Retaining with 20-43% and Finishing with values of 12-29%. These last two steps have great variability from article to article.

Keywords: Tanning, carbon footprint, climate change, leather transformation

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e motivação	1
1.2. Caso de Estudo	3
1.3. Objetivos e âmbito.....	10
1.4. Estrutura do trabalho	11
2. Revisão da Literatura	12
2.1. Protocolos e acordos de monitorização da pegada de carbono	12
2.2. Pegada de carbono na indústria	16
2.3. Metodologias de quantificação de GEE	18
3. Materiais e métodos.....	28
3.1. Pressupostos de estudo	28
3.2. Limites de estudo.....	29
3.3. Método de Cálculo	30
3.4. Balanços energéticos na produção dos artigos Selvagem, Nobuck e Camurça.....	30
3.5. Planificação da dissertação.....	33
4. Apresentação e Discussão dos resultados	34
4.1. Apresentação da interface	34
4.2. Balanços de massa e energia aos processos de produção Selvagem, Nobuck e Camurça	38
4.3. Apresentação dos resultados e comparação com a literatura	63
4.4. Limitações ao estudo	80
4.5. Medidas de mitigação.....	82
5. Conclusões e trabalhos futuros	88
Referências Bibliográficas	90
Anexos A- Identificação do consumo elétrico	95
Anexos B- Identificação do valor da pegada de carbono.....	96
Anexos C- Identificação do consumo de substâncias químicas	97
Anexos D- Fluxogramas e Balanços mássicos dos dados da empresa.....	98

Índice de Figuras

Figura 1.1 Pilhas de pele em salga	4
Figura 1.2 Peles em salga	4
Figura 1.3 Contentor com subprodutos verdes	5
Figura 1.4 Pilha de peles em Wet-Blue	6
Figura 1.5 Pilha de peles em Wet-White, amaciadas	6
Figura 1.6 Pilha de peles em Crust	7
Figura 1.7 Contentor de peles tingidas	7
Figura 1.8 Pilha de peles Nobuck, acabado	8
Figura 1.9 Pilha de peles Selvagem, acabado	8
Figura 1.10 Pilha de peles Camurça, acabado	9
Figura 1.11 Pilha de peles embaladas	Erro! Indicador não definido.
Figura 1.12 Processo de fabrico de couro Wet-Blue	9
Figura 2.1 Evolução da concentração de CO ₂ na atmosfera	12
Figura 2.2 Emissões de GEE em Portugal, ano 2018	14
Figura 2.3 Dependência energética de Portugal	15
Figura 2.4 Trajetória de redução de emissões de GEE até 2050	16
Figura 2.5 Produtos de couro	16
Figura 2.6 Tecnosfera do couro wet-blue	17
Figura 2.7 Esquema dos âmbitos do GHG protocol	19
Figura 2.8 Esquema das metodologias da literatura	21
Figura 2.9 Esquema de representação do ReCiPe Midpoint e Endpoint	24
Figura 2.10 Percentagem dos subgrupos de veículos rodoviários (camiões) D U- Distância Urbana; D R- Distância Regional; D L- Distância Longa	27
Figura 3.1 Esquema dos limites de estudo	29
Figura 3.2 Esquema do método de cálculo	30
Figura 3.3 Esquema da planificação da dissertação	33
Figura 4.1 Fluxograma da ferramenta formulada	37
Figura 4.2 Apresentação da ferramenta	376
Figura 4.3 Apresentação da interface	377
Figura 4.4 Fluxograma do artigo Nobuck	379-40
Figura 4.5 Fluxograma do artigo Camurça	47-48
Figura 4.6 Fluxograma do artigo Selvagem	55-56
Figura 4.7 Resultados do presente estudo	63
Figura 4.8 Representação do impacto de pegada de carbono por fase	64
Figura 4.9 Representação dos resultados em kgCO ₂ eq/m ² dos três artigos, referentes ao BAT	65
Figura 4.10 Representação dos resultados em kgCO ₂ eq/m ² dos três artigos, referentes à empresa	65
Figura 4.11 Várias fases do processo de produção do artigo Selvagem, por kgCO ₂ eq/m ² , BAT	66
Figura 4.12 Várias fases do processo de produção do artigo Selvagem, por kgCO ₂ eq/m ² , da empresa	67
Figura 4.13 Várias fases do processo de produção do artigo Nobuck, por kgCO ₂ eq/m ² , BAT	67
Figura 4.14 Várias fases do processo de produção do artigo Nobuck, por kgCO ₂ eq/m ² , pela empresa	68
Figura 4.15 Várias fases do processo de produção do artigo Camurça, por kgCO ₂ eq/m ² , BAT	68
Figura 4.16 Várias fases do processo de produção do artigo Camurça, por kgCO ₂ eq/m ² , pela empresa	69
Figura 4.17 Representação da água de processo, pelas métricas BAT e empresa	70
Figura 4.18 Representação das substâncias químicas utilizadas nos artigos, BAT e empresa	72

Figura 4.19 Representação da eletricidade utilizada no processo de produção dos artigos, BAT e empresa.....	74
Figura 4.20 Total de água utilizada no processo de transformação dos três artigos, BAT e empresa ..	75
Figura 4.21 Total de substâncias químicas utilizados no processo dos três artigos, BAT e empresa ...	76
Figura 4.22 Total de eletricidade utilizada no processo dos três artigos, BAT e empresa	76
Figura 4.23 Comparação dos resultados obtidos com a Norma Europeia 16887:2017	77
Figura 4.24 Comparação de resultados fibras têxteis e couro.....	80
Figura 4.25 Representação da reação de formação do 2-Butoxietanol.....	81
Figura 4.26 Representação dos resultados sem a contabilização dos resíduos com destino a aterro.....	82
Figura 4.27 Representação dos resultados, pela substituição na iluminação por painéis solares fotovoltaicos	83
Figura 4.28 Representação dos resultados com as máquinas a funcionarem a 65% da sua capacidade de consumo energético.....	84
Figura 4.29 Representação da junção das duas medidas de mitigação e da consideração mais realística.....	84
Figura 4.30 Representação dos resultados do mix energético em Portugal, no ano 2008, 0,419 kgCO ₂ eq/kWh	85
Figura 4.31 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2013, 0,292 kgCO ₂ eq/kWh.....	85
Figura 4.32 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2019, 0,253 kgCO ₂ eq/kWh	86
Figura 4.33 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2020 (IBERDROLA), 0,194 kgCO ₂ eq/kWh.....	86
Figura 4.34 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, de fonte hidroelétrica, 0,006 kgCO ₂ eq/kWh.....	87

Índice de tabelas

Tabela 2.1 Diferenças entre os métodos de resíduos.....	23
Tabela 2.2 Diferenças entre as várias perspetivas do método ReCiPe Midpoint	25
Tabela 2.3 Fatores de emissão e fatores de conversão das fontes energéticas	26
Tabela 2.4 Fatores de impacto de fontes de energia renováveis	26
Tabela 2.5 Fatores das fontes de energia utilizadas no estudo	26
Tabela 3.1 Dados da Caldeira de Vapor.....	31
Tabela 3.2 Dados da caldeira pequena	31
Tabela 3.3 Dados dos dois compressores	31
Tabela 3.4 Dados das bombas	32
Tabela 4.1 Balanço mássico, artigo Nobuck	41-46
Tabela 4.2 Balanço mássico, artigo Camurça	49-54
Tabela 4.3 Balanço mássico, artigo Selvagem	57-62
Tabela 4.4 Resultados dos Balanços energéticos	62
Tabela 4.5 Tabela de Inventário dos artigos em estudo	63
Tabela 4.6 Comparação dos resultados com estudos de Espanha e Itália	78
Tabela 4.7 Comparação dos resultados do estudo do México.....	78
Tabela 4.8 Comparação dos resultados da literatura	79
Tabela 4.9 Fatores de emissão de CO ₂ de resíduos sólidos em aterro.....	87
Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa	98
Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa	100
Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa	101

Lista de Siglas, Abreviaturas e Acrónimos

ACEA – *European Automobile Manufacturer’s Association*

AUSTRA - Associação de utilizadores do sistema de tratamento de águas residuais de Alcanena

BAT – *Best Available Techniques*

BSI – *British Standards Institution*

CDP – *Carbon Disclosure Project*

CEN – Comité Europeu de Normalização

COP21 – Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas 2015

CTIC – Centro Tecnológico das Indústrias do Couro

DEFRA – *Department for Environment Food & Rural Affairs*

EN – *European Standard*

EURO VI – Emissões de veículos

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

FE – Fatores de Emissão

G8 – Grupo dos oito

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GHG – *Green House Gases*

HFCs – Hidrofluorcarboneto

IAPMEI – Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas Industriais

IEA – *International Energy Agency*

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas

ISO – *International Standards Organization*

LULUCF – *Land Use, Land-Use Change and Forestry*

LWG – *Leather Working Group*

OECD – *Organization for Economic Co-operation and Development*

PAS – *Publicly Available Specification*

PCR – *Product Category Rules*

PEF – *Product Environmental Footprint*

PEFCR – *Product Environmental Footprint Category Rules*

PFC – *Product Carbon Footprint*

PFCs – Compostos perfluorados

PNEC2030 – Plano Nacional Energia e Clima 2030

Ppm – Partes por Milhão

RIVM – *National Institute for Public Health and the Environment*

RNC2050 – Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*

SGCIE – Sociedade de Gestão dos consumos Intensivos de Energia

SIRECRO – Sistema de Recuperação de Crómio

Tep – Tonelada equivalente petróleo

UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

UNIDO – *United Nations Industrial Development Organization*

WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*

WRI – *World Resources Institute*

1. Introdução

1.1. Enquadramento e motivação

As alterações climáticas e o aquecimento global têm reconhecimento internacional, este tema tem por base a exploração intensiva dos recursos naturais e emissões de gases com efeito de estufa sem qualquer controlo, é neste contexto que as alterações climáticas se predispõem como uma das principais ameaças a nível ambiental, social e económico. Nas últimas décadas este tema tem tido uma relevância cada vez mais alarmante pelo facto das condições climatéricas a nível global se terem agravado, fazendo deste modo os países originarem métodos pragmáticos e ousados para reverter a evolução das alterações climatéricas.

Ao longo dos anos, através de conferências com a participação de governos dos maiores países do mundo, foram implementados protocolos com medidas na redução das emissões de GEE. Entre os vários acordos é de realçar o Acordo de Paris, o qual rege uma redução de GEE a partir de 2020, como meio de conter a temperatura global abaixo de 2°C e limitar o aumento da temperatura a 1.5°C, em fevereiro de 2020 todos os membros da UNFCCC assinaram o acordo, no total 191 países [1].

As indústrias por sua vez viram-se obrigadas a encontrar estratégias no seu modo de produção, tendo por base a ecoeficiência. Um destas estratégias foi o desenvolvimento de ferramentas na quantificação das suas contribuições para as emissões de GEE. Esta temática originou uma competitividade mais acentuada de transações comerciais a nível global, onde o termo ecológico é um fator que contribui cada vez mais como uma condicionante importante, tanto para o produtor como para o consumidor, sempre salvaguardando os níveis de excelência dos seus produtos com diretrizes da redução de custos.

O sector industrial do couro tem uma grande relevância no que diz respeito ao reaproveitamento dos subprodutos da indústria da carne, sendo que os resíduos como ossos, pele, e produtos comestíveis podem representar até 60% do peso total do animal, que vão servir de matéria-prima para outras indústrias, na produção de gelatinas, couro, alimento para animais, fertilizantes, entre outros [2]. O couro apresenta-se como um material bastante versátil podendo originar uma panóplia de artigos, com destino ao calçado, marroquinaria, estofos tanto para automóvel como mobiliário, vestuário entre outros [3]. O sector de curtumes consiste no tratamento da pele de animais em bruto até ao produto final, para esta transformação, a pele é submetida a um conjunto de operações físico-químicas e mecânicas até à obtenção do produto final. Este ramo industrial constitui um dos pilares da sociedade atual, pelo que pretende desenvolver produtos de excelência, de forma a ganhar vantagem estratégica em relação aos concorrentes diretos, como por exemplo as fibras têxteis. É neste contexto que este sector apresenta a necessidade de quantificar as suas contribuições para a pegada de carbono. O CTIC, centro tecnológico das indústrias do couro, é responsável pela incorporação de novas práticas nas indústrias do couro quer

a nível de evolução tecnológica como também na aplicação de novas boas práticas, onde se promove um trabalho mais eficiente e sustentável. Para este fim o CTIC mantém uma relação muito próxima com as indústrias do couro de modo que estas permaneçam sempre na vanguarda da evolução. O CTIC foi fundado em 1992, pela iniciativa da APIC e de 54 indústrias de curtumes, com o apoio do Estado através da IAPMEI e INETI [4], onde as premissas do centro tecnológico são o auxílio às empresas na promoção de avanços tecnológicos como a realização de trabalhos de desenvolvimento que sirvam de orientações para a otimização do setor, onde se visa o aumento dos rendimentos de produção e consequentemente o rendimento dos recursos. A implementação das estratégias propostas nas empresas, veio adicionar uma maior competitividade e magnitude a nível internacional [5]. Ao qual o centro tecnológico tem-se vindo a destacar em Portugal, o que levou um aumento no leque na sua gama de serviços, tais como, investigação tecnológica, nos âmbitos de ambiente, segurança e saúde do trabalho e também na qualidade e segurança alimentar[6]. O CTIC, tem vindo adaptar-se às necessidades do ramo industrial nacional [7].

A Marsipel – Indústria de Curtumes, S.A. é uma das empresas associadas do CTIC, esta empresa possui capacidade na realização do processo integral, o que corresponde, à transformação da pele em bruto até ao produto final, o couro. A empresa tem uma grande variedade de artigos, mas tem vindo a destacar-se na a produção do couro bovino com finalidade de marroquinaria e calçado, o que não implica que não realize outros artigos.

Propõe-se, assim, nesta dissertação de mestrado estudar, desenvolver uma ferramenta que permite quantificar a pegada de carbono dos artigos de couro, o que permite um planeamento estratégico para a sua redução ao longo do tempo, com o objetivo de ganhar vantagem competitiva nos mercados e refinar a eficiência das várias fases do processo, num panorama a longo prazo reduzir as emissões, que também tem em vista uma redução dos custos da empresa.

1.2. Caso de Estudo

A empresa Marsipel – Indústria de Curtumes, S.A. é uma empresa portuguesa, sediada em Alcanena. A empresa tem vindo a crescer desde a década de 40, quando sofreu remodelações na sua estrutura, tendo posteriormente procedido à formação da sociedade Marsipel em 1977, constituída por membros familiares. Com esta formação foram introduzidas novas ideologias e dinâmicas na gestão da sociedade, que levaram à integração de novas doutrinas, alterando-se a matéria-prima utilizada, até então pele de carneiro e cabra, para uma especialização na transformação de peles de bovino, maioritariamente para a indústria de calçado. O desempenho relevado pela inovação e resiliência, constituíram a base para estabelecer um grupo de empresas que, ainda hoje, ocupam um lugar de excelência na indústria portuguesa de curtumes. A Marsipel apresenta também um forte compromisso na preservação do meio ambiente e inovação tecnológica, de modo a produzir os seus produtos de uma forma sustentável, mantendo o nível de excelência do produto final [8]. A promoção de linhas orientadoras, estende-se desde a gestão de recursos energéticos até ao tratamento de efluentes, passando também pelo investimento em equipamentos mais modernos e eficientes. O esforço da empresa foi reconhecido, tendo alcançado a classificação “bronze” no processo de certificação pela *Leather Working Group* [9].

A sua capacidade de manufatura de peles acabadas é de 20 milhões de pés quadrados anuais, destacando-se na empresa a produção e comercialização do couro para as indústrias de calçado e marroquinaria [10]. A empresa integra todas as operações de transformação do couro, que se estende desde a fase da ribeira até à fase de acabamentos, inclusive, bem como posterior empacotamento do couro para a comercialização para outras indústrias. O processo de produção da empresa Marsipel possibilita a avaliação de todas as fases da produção do couro.

A matéria-prima utilizada na indústria de curtumes é um subproduto da indústria da carne e lacticínios, podendo esta estar sujeita a diversos fatores que condicionam a sua qualidade, como o tratamento dos animais na sua criação, uma vez que certos defeitos como arranhões e marcas de fogo podem danificar a integridade da pele do animal, ou o tipo de alimento com o qual os animais são criados, bem como a idade e o sexo do animal. Os principais defeitos da matéria-prima com que as indústrias de curtumes se deparam provêm, de diversos tipos de parasitas, como a carraça e o verme, os métodos de preservação, os quais têm de obedecer a parâmetros rigorosos, ou ainda originados nas operações de abate e esfolação. [11].

A pele ao longo dos processos de conservação tem as suas características originais alteradas, uma vez que o processo de conservação consiste numa desidratação da pele para travar o processo de putrefação, destes, a melhor prática é a conservação por sal, através processo de salga, sendo a matéria-prima designada por pele salgada, como se pode observar na Figura 1.1 e Figura 1.2.

Atendendo ao anteriormente descrito, a primeira fase de produção do couro, é a designada por Ribeiro, a qual consiste num conjunto de diversas etapas de tratamento da pele. Nesta fase procede-se à reidratação da pele, de modo a repor os seus níveis de humidade os mais próximos possível aos originais existentes no matadouro imediatamente após o abate e também a tratamento de inibição da proliferação de bactérias e fungos. Esta fase é levada a cabo através de operações físico-químicas e complementadas com operações mecânicas, através das quais há a desagregação dos excessos de carne presentes na pele, e das quais resultam os denominados subprodutos verdes, que são armazenados em contentores, conforme apresentados na Figura 1.3.

Estes subprodutos podem ser utilizados como matérias-primas para outras indústrias, tais como na produção de fertilizantes, comida de animais e sendo estes subprodutos ricos em colagénio, podem ser também uma mais valia na produção de gelatinas ou de produtos cosméticos [11].



Figura 1.1 Pilhas de peles salgadas



Figura 1.2 Peles salgadas



Figura 1.3 Contentor com subprodutos verdes

Depois de concluída a fase de Ribeira, a pele avança para a fase de Curtume, onde sofre outros tratamentos físico-químico e mecânicos. Estes iniciam-se pela piquelagem, onde a matéria-prima é submetida ao tratamento com cloreto de sódio e ácidos num banho aquoso, com o objetivo da redução do pH e preparar a pele para receber a curtimenta [11].

Há várias possibilidades para o processo de curtimenta, como o curtume mineral, do qual o tipo mais frequente é realizado através da adição de sais básicos de crómio III, sendo que este tipo de curtimenta representa cerca de 80-90% das peles curtidas a nível mundial [12].

No final desta fase e com este tipo de curtume, a pele apresenta-se com uma cor azulada e com maior estabilidade para os processos posteriores, mas também, se for o caso, para armazenamento, em que a pele curtida tem um tempo de conservação maior, com as condições apropriadas [11].

A pele curtida a crómio é mais conhecida como *Wet-Blue*, dada a sua típica coloração azulada quando em estado húmido, apresentada na Figura 1.4. Na atual dissertação explora-se também o curtume *Wet-White*, apresentando-se um exemplo na Figura 1.5, sendo um processo de curtume ao qual não se junta crómio III, mas em que este é substituído por substâncias sintéticas, como aldeídos modificados e/ou taninos sintéticos, como por exemplo aqueles baseados em dihidroxidifenilsulfonas [11]. Existe também a possibilidade do curtume a vegetal, tendo esta opção sido utilizada durante muito tempo, mas tendo o curtume a crómio substituído este processo em alguns artigos. Pode-se então optar pelo tipo de curtimenta de acordo com a finalidade dos artigos, sendo geralmente os artigos com base em curtume *Wet-Blue* maioritariamente destinados a calçado, os artigos baseados em curtume *Wet-White* mais direcionados para estofos, tanto de automóveis como mobiliário e os artigos baseados em curtume Vegetal maioritariamente destinados a marroquinaria e calçado.

A pele quando já curtida é passada por uma máquina de dividir, na qual se vai laminar a pele, separando-se o lado carnaz (crute) da derme, que é designada por flor. Esta última camada (flor) é a mais valiosa para a indústria de curtumes, uma vez que é a parte que será transformada em couro [11]. A passagem na máquina de dividir é de maior importância pelo fato de se estabelecer uma espessura aproximada à final pretendida para o artigo, passando posteriormente a pele pela máquina de rebaixar para acertar com maior precisão à espessura final pretendida, sendo que, diferentes artigos requerem diferentes espessuras. Nesta fase existem resíduos do processo, os quais quando provenientes da curtimenta crômio, são denominados resíduos azuis.

Como previamente explicado, a pele neste momento encontra-se dividida e rebaixada, passando a flor para as fases seguintes, já o aproveitamento do crute está dependente da empresa em questão, uma vez que algumas empresas aproveitam o crute como matéria-prima para outros artigos, enquanto que outras consideram o crute um subproduto, descartando possíveis trabalhos futuros, optando pela sua comercialização neste estado. [11].



Figura 1.4 Pilha de peles em Wet-Blue



Figura 1.5 Pilha de peles em Wet-White, amaciadas

Para retirar a acidez da pele proveniente das fases anteriores, submete-se esta a uma operação de neutralização, através de processos químicos [13]. A pele prossegue então para a fase de recurtume onde entre os vários objetivos, se pretende também tingir a pele para a cor pretendida, como apresentado na Figura 1.6. O tipo de tingimento está relacionado com o tipo de artigos que se pretende, podendo este

ser mais superficial ou ser um tingimento do total da espessura da pele, no qual os corantes atravessam completamente a pele, o que implica a utilização de quantidades mais elevadas de corantes na solução aquosa do que no tingimento superficial. Também nesta fase de recurtume, a pele vai sofrer adaptações tais como a incorporação de gorduras hidrolisáveis, as quais vão proporcionar flexibilidade e resistência à pele. Após conclusão desta fase, a pele fica em repouso de modo a permitir que os níveis de fixação dos produtos adicionados sejam os mais altos possíveis.

Acabam as fases aquosas e as peles entram então na última fase do processo de produção, que consiste em atribuir algumas correções e características individuais aos artigos finais, para o que inicialmente a pele passa por máquinas de secagem, para conferir um teor de humidade adequado a essas posteriores operações. No fim desta fase de secagem a pele denomina-se por crust, como apresentado na Figura 1.7. [11].



Figura 1.6 Contentor de peles tingidas



Figura 1.7 Pilha de peles em Crust

Uma vez concluída todas as fases húmidas e operações anteriores, a pele passa para a fase de acabamentos, onde podem ser aplicadas algumas correções finais e, se for o caso, proceder à impressão de padrões na superfície da pele.

Nos acabamentos a pele passa pela máquina de pintar por pulverização ou pistolagem, onde podem ser aplicadas algumas correções de cor e de características próprias desejadas para o lote ou partida, pressupostas no início, tais como um determinado grau de brilho ou um tato específico. Entre as diversas aplicações na máquina de pintar as peles são submetidas a trabalhos mecânicos, como por exemplo em prensas e rotoprensas, entre outras.

A máquina de pintar está dividida em duas principais seções, a primeira contendo pistolas para a aplicação de uma panóplia de produtos de acabamento tais como ceras, óleos, pigmentos, entre outros, que são aplicados em base aquosa para melhor fixação à pele, a segunda seção contendo uma estufa a vapor, onde a pele ao passar é seca, para que a aderência das substâncias aplicadas seja absoluta, obtendo-se assim os produtos finais, como por exemplo o artigo Selvagem, apresentado na Figura 1.8, o artigo Nobuck, apresentado na Figura 1.9, ou o artigo Camurça, apresentado na Figura 1.10. Nesta fase os resíduos produzidos designam-se por resíduos de acabamento.

Após uma última revisão e ao certificar-se que os artigos registram todos os parâmetros de excelência pretendidos, estas seguem para o empacotamento, onde são medidas e catalogadas, para que possa ser processada a comercialização para outras indústrias, apresentada na Figura 1.11.



Figura 1.8 Pilha de peles Selvagem, acabado



Figura 1.9 Pilha de peles Nobuck, acabado



Figura 1.10 Pilha de peles Camurça, acabado



Figura 1.11 Pilha de peles embaladas

A Figura 1.12, ilustra o processo da transformação do couro, por todas as fases, com curtimenta a crómio [14].

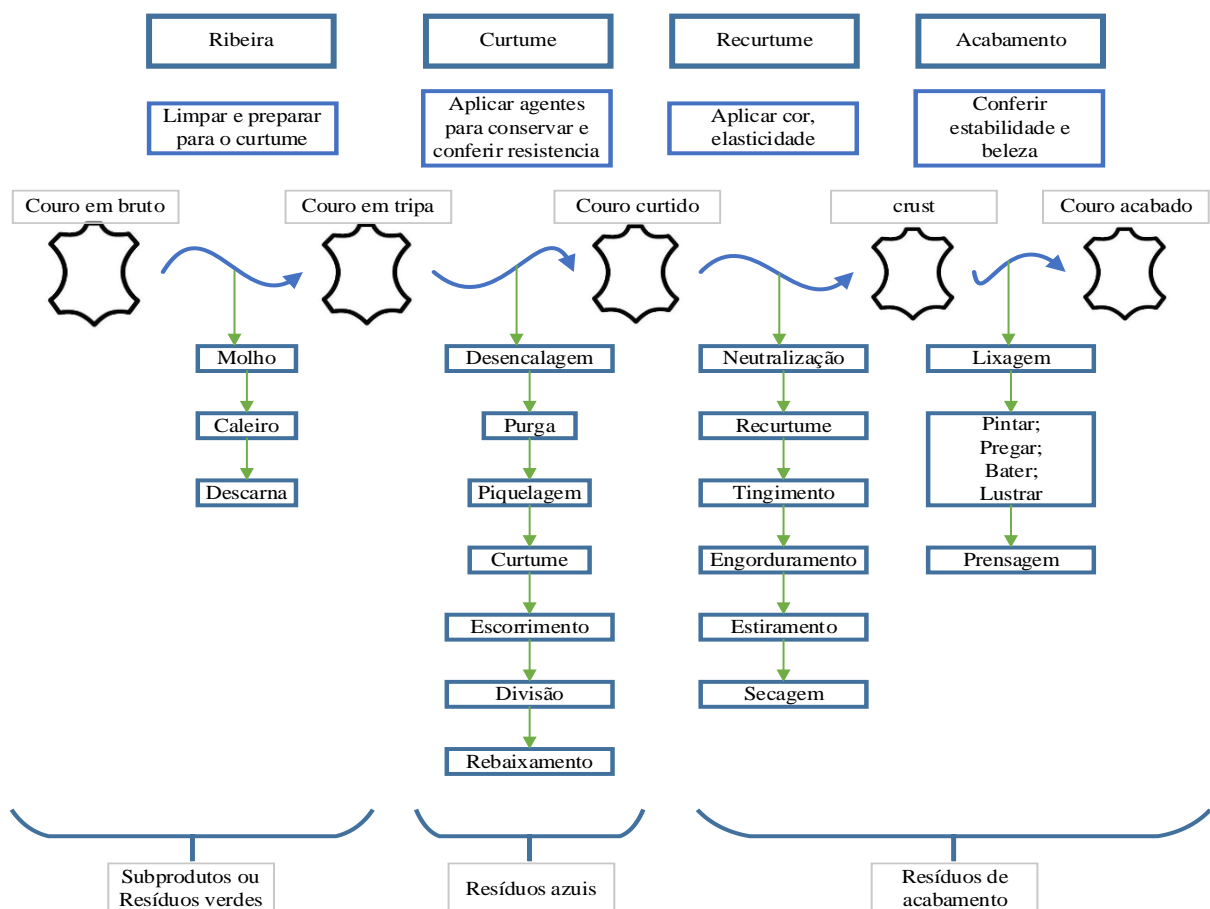


Figura 1.12 Processo de fabrico de couro Wet-Blue [14]

1.3. Objetivos e âmbito

O corrente estudo foi efetuado no centro tecnológico CTIC (empresa que deu suporte ao estudo e desenvolvimento prático) e na empresa Marsipel (empresa que serviu de caso de estudo), de modo a estudar, desenvolver uma ferramenta de cálculo da pegada de carbono e apresentar práticas alternativas às presentes, nas empresas de curtumes a nível nacional, no campo de ação da dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química e Bioquímica, tendo como objetivo de avaliação da pegada de carbono a partir da realização de várias tarefas:

- i) Calcular a pegada de carbono com base no ano 2019;
- ii) Identificar as fases do processo que mais contribuem para a pegada de carbono;
- iii) Desenvolver uma ferramenta que possibilite o cálculo da pegada de carbono dos vários artigos da empresa.
- iv) Apresentar propostas alternativas que visam a redução da pegada de carbono com base na análise, comparativa e quantitativa da redução da pegada de carbono provocada pela implementação dessas mesmas medidas.

De modo a quantificar os dados propôs-se o desenvolvimento de uma ferramenta em Excel, na qual seja possível agregar todos os dados disponíveis e que calcule todos os parâmetros do processo, tendo em conta, o intervalo dos limites de estudo que foram estabelecidos.

1.4.Estrutura do trabalho

A presente dissertação apresenta-se organizada pelos seguintes capítulos:

- **Introdução** – Apresenta a contextualização dos temas e onde se projeta um planeamento da dissertação.
- **Revisão da literatura** – Aborda os temas indicados no enquadramento, onde se descrevem com mais pormenor todos os assuntos dos diferentes temas associados à dissertação.
- **Metodologia** – Identifica as metodologias escolhidas para a dissertação, pelo que abrange todos os pressupostos que serviram de base para o presente estudo.
- **Apresentação e Discussão dos resultados** – Apresenta os resultados com base no cálculo e na planificação da presente dissertação, também se procede à discussão dos mesmos.
- **Conclusões e propostas de trabalhos futuros** – Neste último capítulo expõem-se as conclusões da dissertação e também algumas sugestões de trabalhos futuros nesta temática.

2. Revisão da Literatura

2.1. Protocolos e acordos de monitorização da pegada de carbono

O mundo está a passar por grandes e graves mudanças climáticas, onde o dinamizador das mesmas tem um relacionamento intrínseco com as atividades humanas. Os elementos principais que geram grandes quantidades de emissões de dióxido de carbono provêm do uso de combustíveis fósseis no fornecimento de energia e também por outras atividades antropogénicas.

Desde 1958 que a concentração de CO₂ na atmosfera é estudada. Através de recolha de dados ao longo dos anos, veio-se a confirmar um aumento significativo das concentrações de CO₂ na atmosfera, sendo que os níveis de CO₂ em 1992 eram 357 ppmv e em janeiro de 2021 os níveis de concentração de CO₂ eram de 415 ppmv [15], conforme apresentado na Figura 2.1.

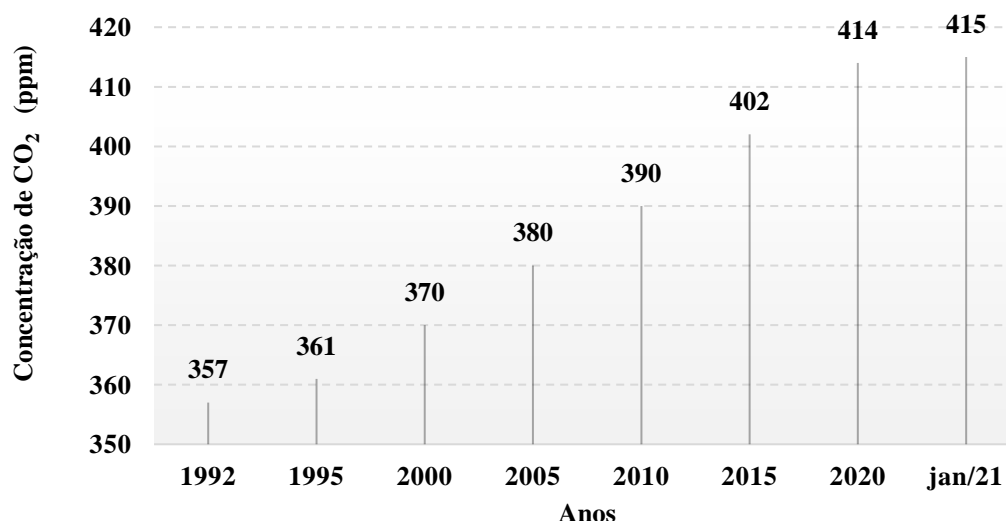


Figura 2.1 Evolução da concentração de CO₂ na atmosfera[15]

Este aumento da concentração de CO₂ promove o efeito de estufa, no qual a energia solar infravermelha ao penetrar na atmosfera e atingir a superfície terrestre é refletida para o espaço, mas com o aumento dos gases com efeito de estufa grande parte das radiações ficam retidas na Terra, o que promove o aumento da temperatura no planeta e impulsiona consequências sem precedentes a nível mundial, tais como a fusão do gelo nos glaciares, que aumenta o nível da água do mar, alterações nos padrões das estações do ano e um risco acrescido tanto ao nível económico como social [16].

No sentido dos países conseguirem contabilizar e estudar os efeitos do aquecimento global, foram realizadas várias conferências, onde se destacam a conferência de Toronto em 1988, *Conference on the changing Atmosphere* [17], seguida pelo IPCC, *First Assessment Report*, na Suécia, em 1990, o que culminou na UNFCCC [18].

À medida que houve mais estudos que suportavam o agravamento das alterações climáticas, foi formulado o protocolo de Quioto, no Japão em 1997, o qual foi o primeiro tratado jurídico internacional

e no qual 192 países assinaram os termos para uma redução de 5% em relação aos níveis de 1990 até ao ano 2012. Este protocolo continha doutrinas, mais direcionadas para os países desenvolvidos, no estabelecimento dos limites das emissões de GEE. Uma das características do protocolo de Quioto, é a diferenciação para os limites dos vários países a nível de emissões, no entanto não houve um padrão uniformizado para todos os países, ficando à responsabilidade de cada país estabelecer o seu limite. Outra inovação deste tratado, foi reconhecer o potencial da economia de mercado como catalisador para permitir o cumprimento das metas acordadas [19].

No sentido de formular um sucessor do protocolo de Quioto, foram realizadas novas conferências, das quais se destaca a reunião em Washington, em 2007, onde compareceram os vários chefes de estado dos principais países como, Estados Unidos, França, Alemanha, Rússia, Itália Reino Unido, China, Índia, entre outros, para discutir o esboço do sucessor do protocolo de Quioto [20].

No mesmo ano na 33ª reunião do G8, foi acordada a redução das emissões globais de CO₂ para metade até 2050 [21]. A conferência de 2008, realizada na Polónia teve como tema central a degradação florestal, onde foram propostos projetos para a diminuição da desflorestação [22].

Em 2009, em Copenhaga, realizou-se também a conferência para discutir o grau do compromisso dos países, uma vez que muitos países ainda não tinham estratégias nem planos nacionais definidos, sendo que a União Europeia tinha um plano mais consolidado e ambicioso nesta matéria. Ainda que a Cimeira de Copenhaga tenha ficado aquém das expectativas, foi possível estabelecer propostas e compromissos nas limitações das emissões dos vários países [23].

O protocolo de Quioto foi prorrogado até 2020, através da emenda de Doha, em que o compromisso assumido foi uma redução das emissões em 80% em relação ao ano base, o que para Portugal corresponde ao ano de 1990, que foi emitido pelo Ministério dos Negócios Estrangeiros, decreto nº 19/2015 de 21 de Outubro, publicado no Diário da República, 1ª série – Nº206 – 21 de Outubro de 2015 [24].

Ainda no desenvolvimento de métricas para limitar a evolução das alterações climáticas, foi realizada a Conferência das Partes, ou COP21, em Paris no ano de 2015, da qual resultou o Acordo de Paris, que teve como resultado um acordo universal através do qual se definiram medidas para a redução dos efeitos das mudanças climáticas, tais como, a descarbonização das economias globais, o limite do aumento da temperatura a 1,5 °C, comparados com os níveis de pré-industrialização, aumentar a capacidade de adaptação aos impactos, por via a assegurar a produção alimentar a nível global e através de investimento na inovação tecnológica, que visa uma produção mais sustentável e eficiente. Este acordo rege o período a partir de 2020 e vem uma vez mais lembrar que só é possível desacelerar a evolução das alterações climáticas, com o contributo de todos, infelizmente o Acordo de Paris não possui

força legal na obrigação do cumprimento das metas, ficando assim a cargo da iniciativa voluntária de cada país [1].

Portugal, está ligado ao compromisso nas limitações de emissões de GEE, através do protocolo de Quioto e pela União Europeia, onde o parlamento europeu, a 23 de abril de 2009 tomou a decisão de alertar para a necessidade do esforço dos estados membros para reduzirem as suas emissões e assim ir ao encontro de redução até 2020, em relação ao ano de 2005. Desde os anos setentas que a temperatura em Portugal tem vindo a aumentar 0,3 °C por década e o nível de precipitação tem vindo a diminuir. Nos últimos 20 anos, o nível de precipitação corresponde a -25mm por década, o que tem vindo a tornar Portugal continental, um território seco e onde se registou 5 de 10 anos mais quente depois do ano de 2000.

Com o evoluir do tempo Portugal veio a investir cada vez mais no âmbito científico, para a prevenção das alterações climáticas. Entre o ano de 2010 e 2016, FCT financiou 107 cientistas no desenvolvimento exclusivo de projetos no campo das alterações climáticas e também no mesmo período foram financiados 225 estudos no mesmo âmbito [25]. Em 2016 registou-se uma diminuição das emissões nacionais em 2,7% em relação ao ano de 2015, mas em 2017 houve um aumento de 7,1% das emissões de GEE, comparadas com os níveis de 2016. Este aumento justifica-se pela diminuição de produção de energia nas centrais hidroelétricas, contribuindo para o aumento do uso de carvão na produção de energia e também pelo aumento significativo relacionado com os incêndios florestais [26].

Em 2018 houve uma diminuição de 4,6 % das emissões em relação aos dados de 2017, sendo que no setor de produção de energia, registou-se uma queda significativa de 14,1 %, em relação a 2017. No ano de 2018 o total de emissões de GEE de Portugal, sem a contabilização de LULUCF, foram de 67,4 Mt CO₂eq, como apresentado na Figura 2.2, onde estão divididas por setores [27], o que permitiu uma redução de importação energética, aumentando assim a produção doméstica, como apresentado na Figura 2.3 [28], reduzindo deste modo o consumo de energia por combustíveis fósseis importada, tendo a taxa de crescimento de produção de energia doméstica sido de 2,2% no período de 2006 a 2015 [25].

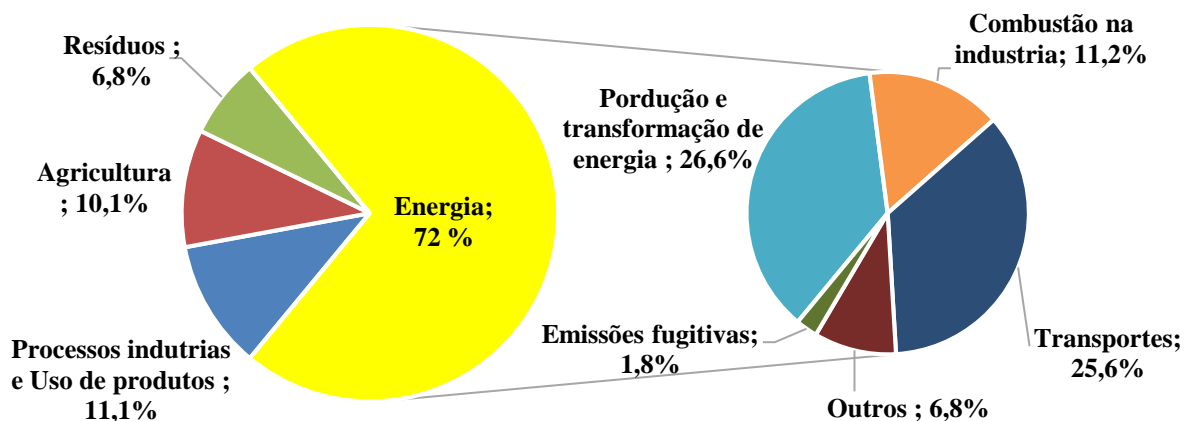


Figura 2.2 Emissões de GEE em Portugal, ano 2018 [27]

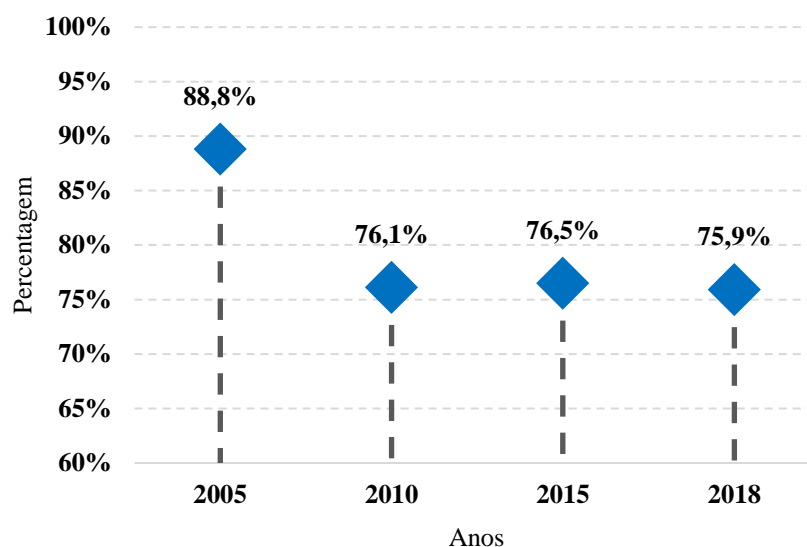


Figura 2.3 Dependência energética de Portugal [28]

Portugal tem sido um exemplo no tema das inovações e investimentos no combate das alterações climáticas, adotando assim várias metodologias para alcançar as metas propostas.

Em 2016, com vista a assegurar a neutralidade da pegada de carbono em território nacional, foi desenvolvido o roteiro para a neutralidade carbónica 2050, que direciona estratégias a longo prazo no desenvolvimento socioeconómico, de forma sustentada, mas com ações imediatas. As principais inovações do RNC2050 consistem na valorização do território, economia circular e a descarbonização da sociedade através da transição energética. Para permitir o cumprimento das metas propostas para Portugal, é exigida uma redução das emissões dos gases com efeito de estufa na ordem dos 85 % em relação aos dados de 2005.

O RNC2050 visa ainda uma mudança ideológica, através de uma transição do modelo de economia linear, sustentada por combustíveis fósseis, para um modelo de economia circular e neutralidade da pegada de carbono, a longo prazo como se apresenta na Figura 2.4. De realçar ainda que esta mudança além de trazer consigo grandes desafios, alberga sobretudo oportunidades [29].

Pelos resultados do relatório do IPCC sobre o limite do aumento da temperatura de 1,5 °C [30] até 2030, Portugal desenvolveu o PNEC, alcançado em articulação com os objetivos do RNC2050, para estabelecer metas ambiciosas, mas viáveis, no horizonte de 2030. O facto de Portugal ter mantido uma posição de destaque na redução das emissões de gases com efeito de estufa, teve consequência na transição energética para as energias renováveis, onde o resultado destas doutrinas verificou-se numa redução de 17,5% face as emissões registadas em 2005 [31].

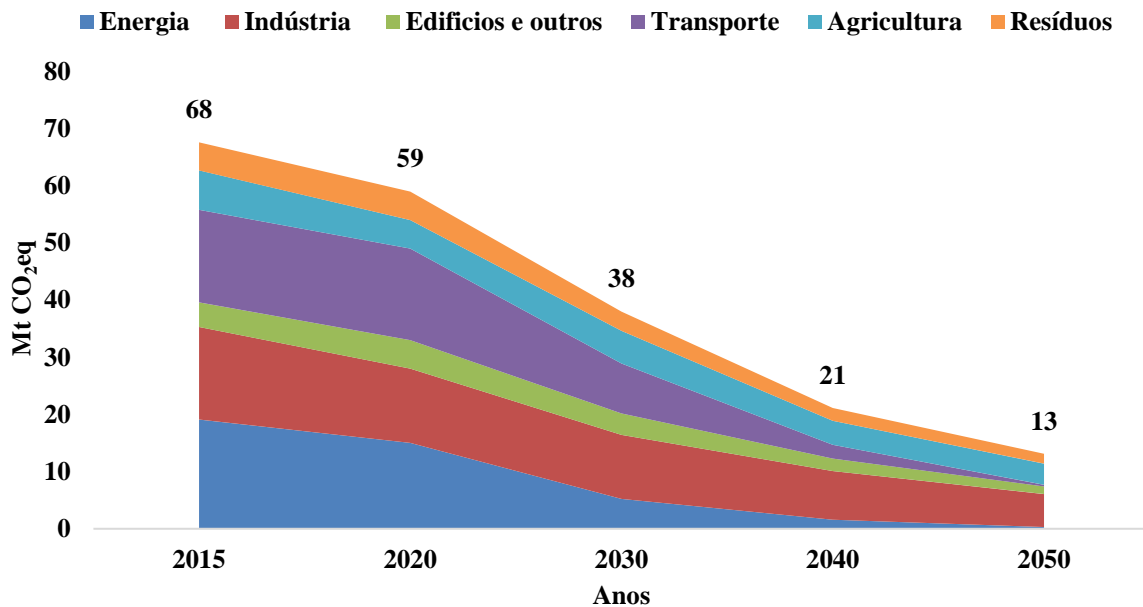


Figura 2.4 Trajetória de redução de emissões de GEE até 2050 [29]

2.2. Pegada de carbono na indústria

Com o agravar das mudanças climáticas, várias instituições, governamentais e não-governamentais, publicaram estudos e documentos, de modo a prestar auxílio às indústrias para a contabilização das suas emissões de GEE. No setor da moda e do couro o PFC tem sido fundamental na criação de linhas orientadoras na otimização dos processos. A produção do couro incorpora vários processos químicos e mecânicos que permitem a transformação da pele em bruto, em produtos de alto valor para a comunidade, representado na Figura 2.5.

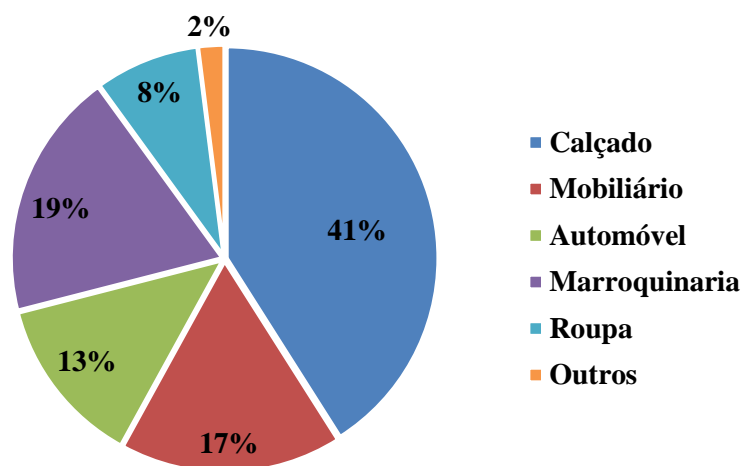


Figura 2.5 Produtos de couro [3]

A indústria de curtumes, não é reconhecida como um setor onde a pegada de carbono seja intensiva. Um dos aspetos que geram maior controvérsia, no setor, é o sistema de limites no cálculo da

pegada de carbono, em que 99% das peles em bruto que servem de matéria-prima para a transformação do couro, provêm dos resíduos gerados pela indústria da carne e laticínio. Na uniformização do processo de produção na indústria do couro à escala mundial, divide-se em três principais fases, *upstream processes*, *core processes* e *downstream processes*, apresentado na Figura 2.6 [32].

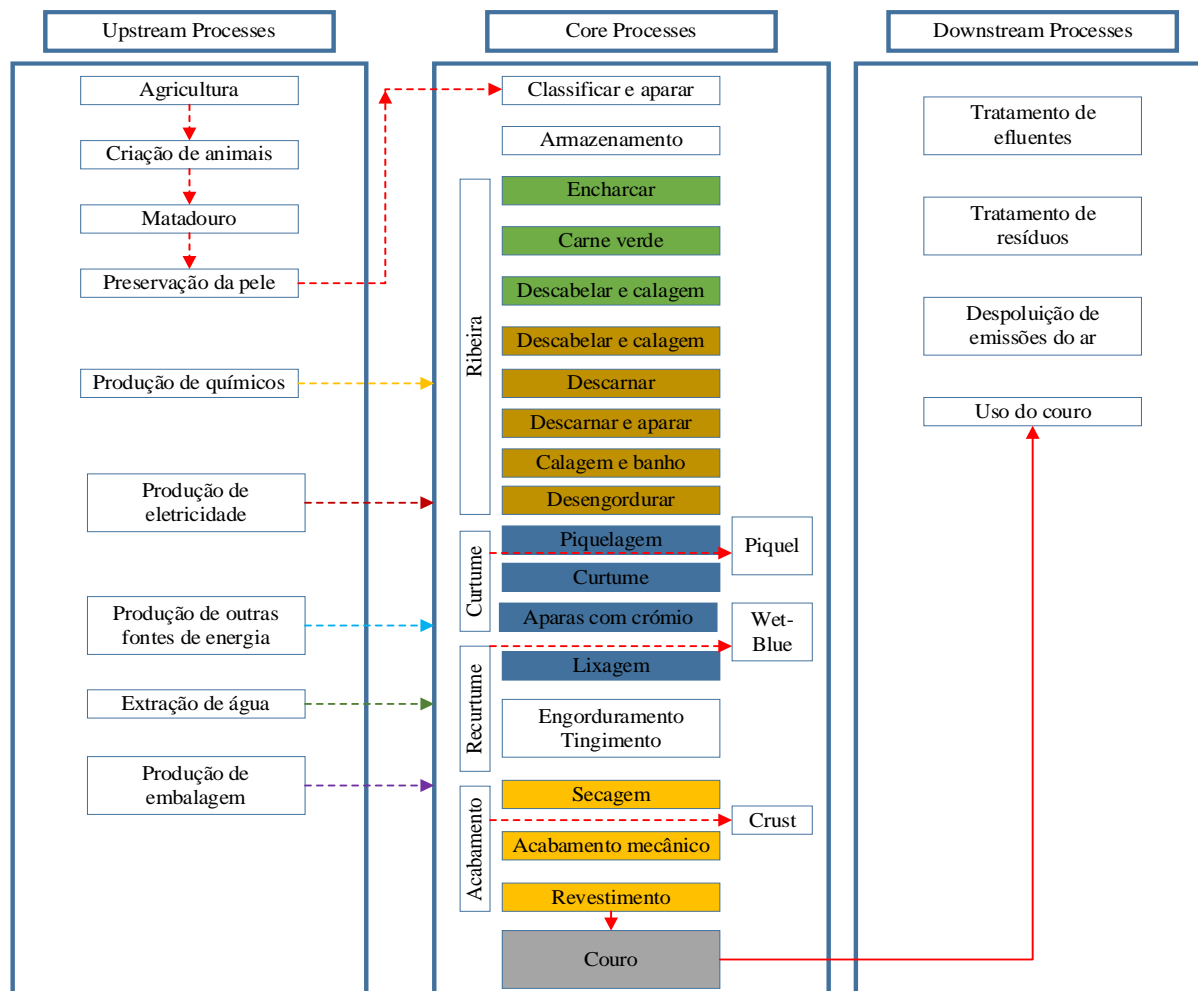


Figura 2.6 Tecnosfera do couro *Wet-Blue* [32]

O documento BAT [12], veio providenciar métricas e linhas orientadoras com vista a tornar o processo de produção do couro mais eficiente e sustentável. O BAT [12] estabelece métricas nas quantidades de água e substâncias químicas que deverão ser utilizadas no processo, informa também as empresas de curtumes a procurar estratégias na valorização de resíduos gerados na produção do couro. O culminar destas linhas orientadoras assenta num paradigma de eficiência e sustentabilidade.

Para estimular o setor a ser mais sustentável e eficiente, em 2005 foi criado o LWG [3], constituído por vários grupos de partes interessadas como, marcas, fornecedores, fabricantes de couro e técnicos especializados. Este documento foi desenvolvido como um protocolo de auditoria ambiental, onde são avaliadas as várias categorias no processo de produção do couro.

Outra iniciativa é o CDP Brasil, que auxilia fornecedores e empresas a encontrarem estratégias mais sustentáveis na cadeia de valor dos produtos do couro. Em 2018 o programa de certificação de sustentabilidade do couro brasileiro e Instituto de Qualidade e Certificação do Setor do Couro em Itália assinaram o acordo, programa de certificação de sustentabilidade do setor do couro, sendo um dos principais objetivos é o constante diálogo internacional, para promover maior disseminação de otimizações do processo de modo a obter um produto mais sustentável [3].

2.3. Metodologias de quantificação de GEE

Pela revisão da literatura, descreve-se sumariamente as várias metodologias, que se destacaram para o estudo da pegada de carbono.

A primeira metodologia proposta foi pelo Painel Internacional para as Alterações Climáticas, IPCC, criado em 1991. Este programa foi elaborado em conjunto com a OECD e com a IEA [33]. Após várias conversações foi criado em 1996 o documento de linhas orientadoras do painel intergovernamental para as alterações climáticas referente a inventários nacionais de gases com efeito de estufa, em Quioto ficou acordado que este documento serviria de referência para os países contabilizarem as suas emissões.

Esta metodologia consistia em três volumes de linhas orientadoras para se efetuar o cálculo das emissões de gases com efeito de estufa. O primeiro volume apresentava instruções e documentações na obtenção de dados das emissões nacionais, de modo a obter resultados possíveis de comparação com os dados realizados. O segundo volume consistia no planeamento para a iniciação de dados nacionais, sendo que este volume se destinava para os países que ainda não tinham realizado nenhum levantamento de emissões nacionais. O terceiro volume consiste em linhas orientadoras para se efetuar o cálculo de outros gases com efeito de estufa.

Em 2006 o IPCC [34], publicou uma versão atualizada do documento de 1996, onde as linhas orientadoras propostas em 1996, sofreram algumas alterações, mas contendo as mesmas bases. Esta mudança ideológica iria afetar os países que já tinham efetuado o levantamento das emissões nacionais, seguindo-se pelas linhas orientadoras propostas. Esta nova versão conta com o acréscimo de dois volumes, o que possibilita um estudo mais abrangente em áreas para as quais não existiam diretrizes.

Em 2019 foi publicada uma versão atualizada do documento de 2006, sendo que as principais alterações são atualizações dos fatores de emissão, bem como a introdução de metodologias suplementares para o estudo de fontes de emissões para novas atividades.

No ano de 2001, foi publicada a primeira edição do **GHG Protocol** seguido pela publicação da edição revista do *GHG Protocol Corporate Standard*, em 2004, e surgiu no culminar de vários anos de diálogo e de desenho científico de modo criar uma metodologia que apresenta requerimentos nas

emissões de GEE dos produtos e que permitisse publicações ao público. Esta é das metodologias mais utilizadas pelas indústrias. Criada pela WRI e WBCSD, conta também com várias parcerias de organizações e entidades, governamentais e não governamentais. Nas suas doutrinas incorpora algumas linhas orientadoras do IPCC de 1996 e incorpora também os seis principais gases com efeito de estufa discutidos no Protocolo de Quioto, sendo estes o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e os hexafluoretos de enxofre (SF₆). Em 2011 foi publicado um novo documento que continha atualizações e também novos campos de estudo, no qual as fontes de emissões GEE são divididas por categorias como fonte de emissões diretas e indiretas, sendo que as emissões de fonte direta correspondem a emissões às quais as instituições têm total controlo e as emissões indiretas, aquelas às quais as instituições não têm qualquer controlo, apresentada na Figura 2.7 [35, 36].

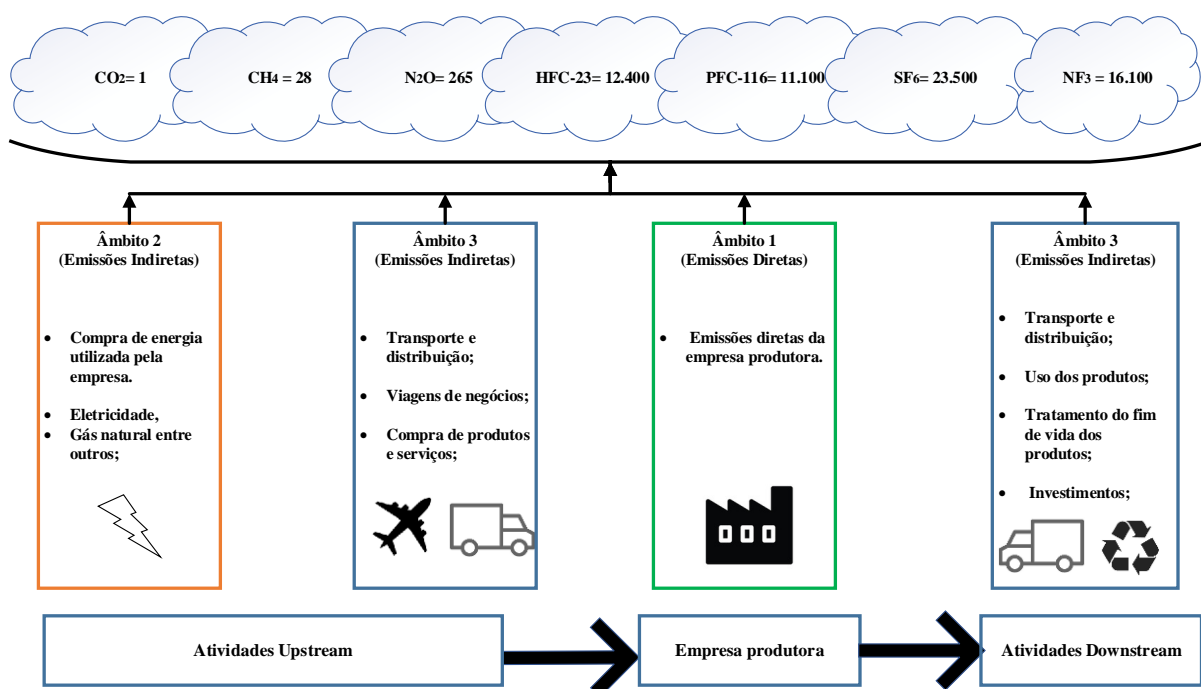


Figura 2.7 Esquema dos âmbitos do GHG Protocol [35] [37]

Os vários âmbitos do protocolo estão distribuídos, por 3 categorias;

- Âmbito 1 (emissões diretas), todas as emissões geradas pelo controlo da companhia produtora,
- Âmbito 2 (emissões indiretas), emissões criadas na produção de energia utilizada pela companhia.
- Âmbito 3 (emissões indiretas), emissões de todas as atividades da companhia, ocorrentes de fontes das quais a companhia não tem controlo.
- Os valores do potencial de aquecimento global, onde o HFC e PFC, contêm outras substâncias.

Esta metodologia teve frutos na disseminação de informação à cerca das alterações climáticas, uma vez que as empresas tinham agora acesso a uma metodologia credível e bem fundamentada, para serem desafiadas a quantificarem as suas contribuições para a evolução da pegada de carbono a nível mundial. Este documento acabou por servir de base no desenvolvimento de outras metodologias para o estudo das emissões de GEE, tais como a ISO.

A organização internacional de normalização (ISO) é uma organização não governamental, sediada na Suíça, fundada em 1947 e conta com membros de 165 países. Esta organização cria documentos com diretrizes que visam a padronização mundial das atividades dos vários setores económicos. Além de contar com várias diretrizes para a normalização em vários âmbitos, a temática do presente estudo encontra-se no âmbito da ISO 14000, que tem vinculado requerimentos, na avaliação de responsabilidades ambientais [38]. Na temática da pegada de carbono, a ISO mais direcionada é a **ISO 14067** que foi formulada pela *Technical Committee ISO/TC 207*, o qual é responsável pela gestão de atividades relacionadas com gases com efeitos e estufa. Esta norma conta com princípios específicos na quantificação das emissões de GEE das atividades das empresas, mas com premissas orientadas para o estudo do ciclo de vida do produto, ou seja, *cradle-to-grave* [39].

Outra metodologia de referência no estudo das emissões de GEE, de bens e serviços utilizados no quotidiano, é a **PAS 2050** [40], que foi desenvolvida pelo instituto britânico de normalização (BSI) com a colaboração *Carbon Trust* e com o (DEFRA). O primeiro documento foi publicado em 2008, e posteriormente revisto em 2011, em alinhamento com o *GHG Protocol Product Standard*. A PAS 2050:2011 apresenta requerimentos no estudo de GEE associado ao ciclo de vida, ou seja, esta norma avalia as emissões de GEE ao longo da cadeia de valor dos produtos e serviços. Os requerimentos que servem de suporte para esta norma baseiam-se nas técnicas e princípios da ISO 14040/44 e demonstra como enfrentar desafios relacionados com os limites de estudo, bem como as alocações [36]. De um modo similar ao *GHG Protocol* não especifica linhas orientadoras, no entanto oferece recomendações no desenvolvimento de técnicas específicas para o setor em estudo.

A UNIDO está entre as primeiras organizações internacionais, que direcionam o seu estudo para a pegada de carbono no couro, neste contexto o estudo *Life Cycle Assessment, Carbon Footprint in Leather Processing* [32] foi apresentado na XVIII sessão da UNIDO em Shanghai no ano de 2012, por F. Brugnoli. Esta apresentação veio desencadear uma série de atividades para o estudo da pegada de carbono no setor do couro a nível mundial, pelo que em reação foi publicado, pela UNIDO, um estudo abrangente sobre aspetos da pegada de carbono do couro, o *The Framework for Sustainable Leather* [3]. A apresentação deste documento levou à criação da **Norma Europeia 16887, Leather – Environmental footprint -Product Category Rules (PCR) – Carbon footprints** [41], que foi publicada em 2017 e veio estabelecer linhas orientadoras indispensáveis nos limites de estudo. Embora os limites de estudo ainda causem grande controvérsia, no setor, a norma veio clarificar discussões futuras. A Norma Europeia

16887:2017, conta com algumas normas de referência nos seus fundamentos, tais como a EN 15987:2015, *Leather – Terminology – Key definitios for the leather trade*, bem como a CEN ISO/ TS 14067, *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication* (ISO/ TS 14067), entre outras. Esta norma estabelece que os limites do estudo da pegada de carbono deverão ser, desde a saída do matadouro até à saída da fábrica de curtumes, incluindo os fatores dos resíduos e excluindo todas as operações efetuadas no matadouro. É também expectável que esta norma venha a regulamentar o setor não só na europa, mas a nível mundial.

Em 2018, foi divulgado o documento *PEFCR leather* [42], que foi desenvolvido no mesmo contexto do guia de PEFCR, versão 6.3 e *Product Enviromental Footprint (PEF) Guide* [43]. Este guia estuda o impacto do ciclo de vida de produtos que são vendidos na Europa. O limite de estudo do PEFCR, contabiliza desde a criação do animal, até este ter idade suficiente para ir para o matadouro, estando esta fase incluída na contabilização do valor da pegada de carbono. A fase de criação do animal incorpora um grande nível de incerteza, porque a criação dos animais tem uma variabilidade enorme, o que dificulta a obtenção de um valor padrão. Os principais âmbitos de estudo do guia de PEFCR é acidificação, alterações climáticas, exploração do território, eutrofização terrestre e por fim o uso da água.

A Figura 2.8, apresenta a relação que as metodologias têm umas com outas.

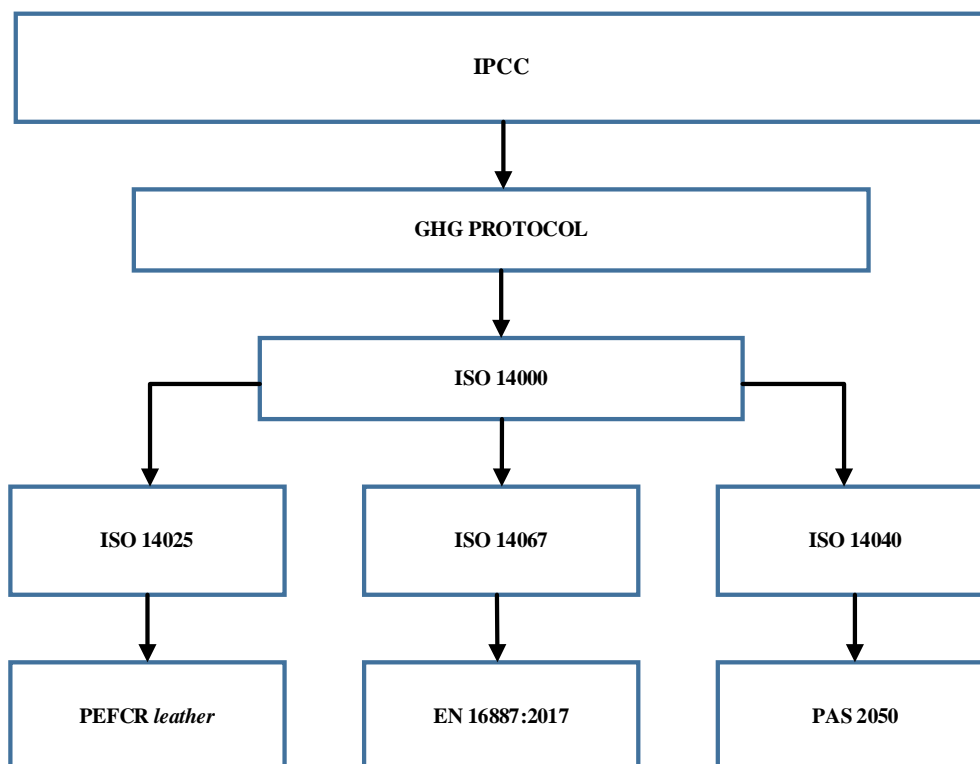


Figura 2.8 Esquema das metodologias da literatura[33], [35], [39,42]

No presente estudo, estudaram-se dois métodos de tratamento de resíduos da indústria, as metodologias neste âmbito são a *Consequential* e a *Attributional* [44, 45], as duas metodologias apresentam olhares específicos sobre a matéria.

A metodologia *Consequential* tem os pressupostos assentes em que as mudanças refletem consequências de pequena escala, onde a pequena escala considera que o estudo ocorre num ciclo de vida, e no longo espaço temporal. Assenta no efeito de investimento de novas tecnologias, máquinas, processos e se os investimentos forem bem planeados, a empresa pode vir a expandir a sua capacidade de produção. A escala e o espaço temporal são importantes, porque permitem delinear fornecedores, mercados, produtos e tecnologias, estes fatores estão abrangidos nas premissas deste modelo, em que um fluxo de estudo pode mudar em resposta de certas decisões tomadas e como os impactos no ambiente são afetados por essas mesmas decisões. Este modelo assume uma completa versatilidade nos mercados mundiais, sendo que se houver um aumento da procura do produto, os fornecedores vão reagir, aumentando o fornecimento destes, e se for no caso inverso, estes vão diminuir o fornecimento. Deste modo o modelo acompanha a flexibilidade dos mercados para satisfazer a procura das atividades posteriores.

O método de *Attributional*, providência informações sobre os impactos do processo de produção, não considerando os efeitos do mercado e os seus limites de estudo não refletem os efeitos das mudanças efetuadas no processo. Algumas metodologias descritas anteriormente, seguem este método, como a PAS 2050 e a ISO 14044. Esta metodologia informa sobre os impactos diretos provocados pelos produtos e ainda identifica oportunidades de otimizações nos processos. Podendo atingir-se uma redução dos impactos diretos, das diferentes fases do ciclo de vida do produto.

O método *Consequential*, pode ter uma maior relevância para os formuladores de lei, uma vez que contabiliza os valores totais das emissões efetuados pelas mudanças do processo e tem em conta os efeitos diretos e indiretos do mercado, mais do que o método *Attributional* que não contabiliza estes pontos fulcrais.

A Tabela 2.1, representa as principais diferenças entre os dois métodos que têm diferentes perspetivas e aplicações.

Tabela 2.1 Diferenças entre os métodos de resíduos [45]

	<i>Consequential</i>	<i>Attributional</i>
Aplicações	Informar consumidores e decisões políticas, qual o efeito nos impactos através de mudanças.	Aplicado para se perceber quais os impactos diretos associados ao ciclo de vida dos produtos.
Limites de estudo	Impactos diretos e indiretos dos processos e do fluxo do produto	Impactos diretos na produção, do processo e do fluxo do produto
Efeitos no mercado	Considera os efeitos no mercado, na produção e consumo do produto	Não considera os efeitos no mercado, na produção e consumo do produto
Grau de Incertezas	Muita incerteza, porque assenta na troca de informação e atualizações dos complexos socioeconómicos	Pouca incerteza, porque não há relações entre os complexos socioeconómicos
Valor positivo	Os resíduos reaproveitados por outras indústrias, têm um valor positivo na indústria produtora desses mesmos resíduos	Os resíduos reaproveitados por outras indústrias, têm um valor zero, na indústria produtora desses mesmos resíduos

Procedeu-se ao estudo das principais metodologias presentes na literatura, para os fatores de impacto associados às substâncias químicas. Foi utilizado o programa OpenLCA, com a base de dados EcoInvent 3.5. Os transportes considerados na base de dados, foi o camião, modelo EURO VI, de capacidade entre 16 - 32 toneladas de carga, o transporte marítimo e o barco de contentores transatlântico.

No ano de 2001 cientistas da universidade de Leiden formularam o CML [46], com base na metodologia ISO 14040, onde se estuda os indicadores de *midpoint*, foi proposto uma serie de categorias de impactos e métodos de caracterização, que se dividem por três categorias: *a baseline impact categories*, em que se estuda a depleção dos recursos abióticos, alterações climáticas, toxicidade humana, acidificação e eutrofização: a segunda categoria é no âmbito de impactos do uso do solo, ecotoxicidade, odor e ruído: a terceira é a depleção dos recursos bióticos, odor e dessecação. Este método inclui métodos de normalização, mas não divulga nenhum método de ponderação, conta também com uma base de dados que contém 800 substâncias químicas [47].

O método ReCiPe sucede aos métodos ECO-99 e CML-IA e foi desenvolvido para integrar tanto a análise de causas, através do método de CML-IA e também a análise de danos, pelo método Eco-indicator 99. Os principais colaboradores para a formulação deste projeto foram o RIVM e a Universidade de Radboud. Pela conferencia de SETAC o CML e o Pré *sustainability* [46], formularam uma estrutura que incorporasse tanto o *midpoint* como o *endpoint* [48]. Este método consiste na combinação da abordagem de *midpoint*, que incorpora caracterização de fatores de impacto, que estão localizados ao longo do percurso, principalmente no ponto após o mecanismo ambiental e é idêntico para todos os fluxos ambientais dessa categoria. O *endpoint*, corresponde às três áreas de proteção, como a saúde humana, a qualidade dos ecossistemas e a escassez dos recursos [49], apresentada na Figura 2.9. Este método contém aproximadamente 3000 substâncias, os impactos de *midpoint* contemplam, as alterações climáticas, acidificação terrestre, toxicidade humana, a transformação da terra natural, a eutrofização de água doce, entre outros. O estudo de impactos de *endpoint* são, a saúde humana, qualidade dos ecossistemas e exploração de recursos [47].

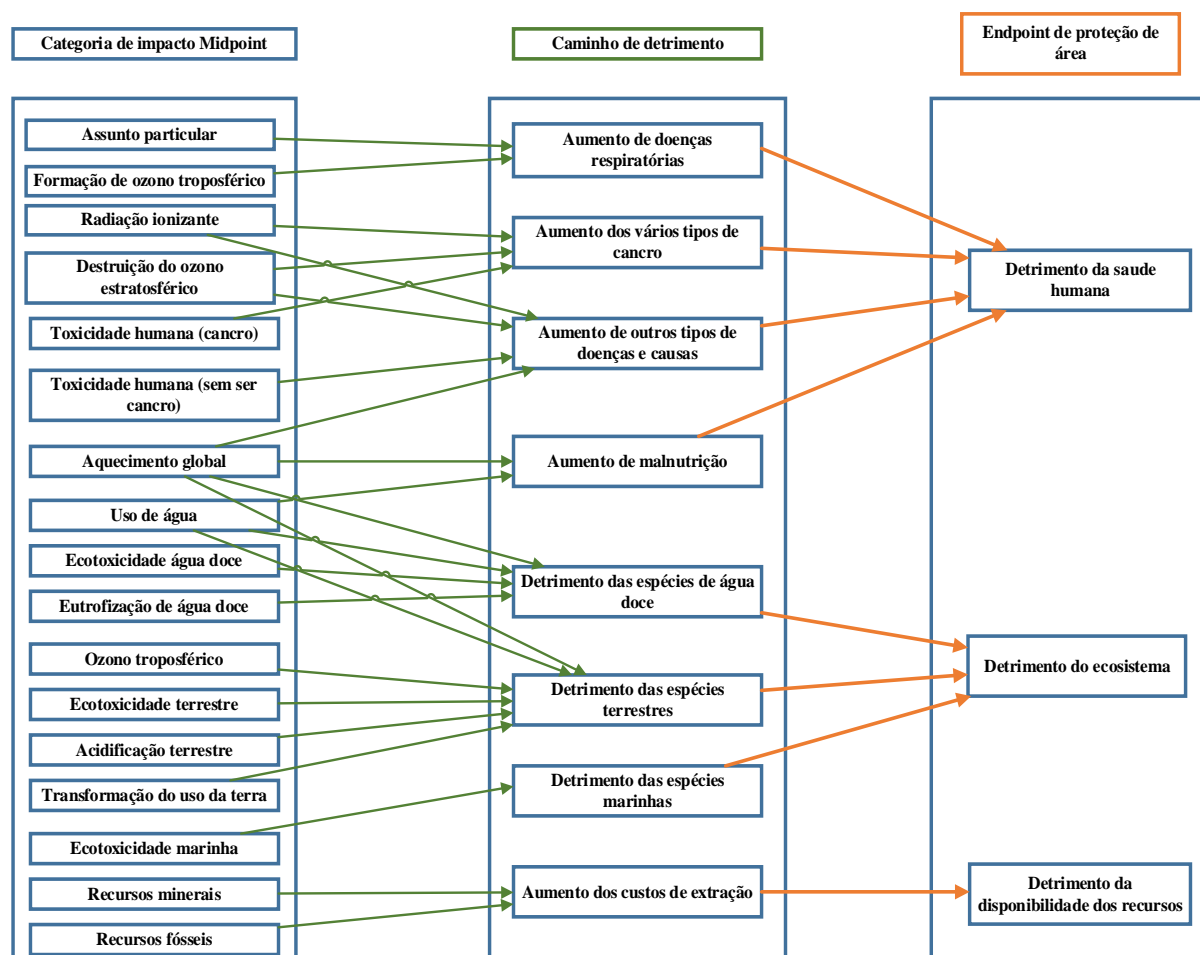


Figura 2.9 Esquema de representação do ReCiPe Midpoint e Endpoint [49]

As duas aproximações são complementares, no entanto o *midpoint* tem uma relação mais forte com os fluxos ambientais e menos incertezas, enquanto o *endpoint*, providência melhores informações do fluxo ambiental, mas com maiores incertezas. Este método relaciona as duas abordagens numa

maneira consistente, que são calculadas com base nas causas de efeitos na cadeia ambiental e caracteriza o estudo das alterações climáticas na Europa.

Tanto o método ReCiPe Midpoint e Eco-indicator 99, consideram várias perspetivas que são, (I) *individualista* que tem base pontos de interesse a curto prazo e tem uma vista otimista em termos tecnológicos da adaptação humana, (H) *hierarchist*, que tem como base os mais comuns princípios de políticas no âmbito de espaço de tempo e (E) *egalitarian*, que é a perspetiva mais preventiva, tendo em conta o longo espaço de tempo, apresentada na Tabela 2.2. A perspetiva (H) *hierarchist* é a mais usada como escolha dos fatores de ponderação.

Tabela 2.2 Diferenças entre as várias perspetivas do método ReCiPe Midpoint[50]

Categoria de impacto <i>midpoint</i>	Perspetiva (I) <i>Individualist</i>	Perspetiva (H) <i>Hierarchist</i>	Perspetiva (E) <i>Egalitarian</i>
Alterações Climáticas	Horizonte temporal: 20 anos	Horizonte temporal: 100 anos	Horizonte temporal: 500 anos
Acidificação terrestre	Horizonte temporal: 20 anos	Horizonte temporal: 100 anos	Horizonte temporal: 500 anos
Toxicidade Humana	Horizonte temporal: 100 anos	Horizonte temporal: Infinito	Horizonte temporal: Infinito
Ecotoxicidade Terrestre, água doce e marinha	Horizonte temporal: 100 anos	Horizonte temporal: Infinito	Horizonte temporal: Infinito

O método ReCiPe, como todos os outros métodos foi sofrendo atualizações, sendo que a última versão é o ReCiPe 2016 [50], que providência resultados à escala global. Na determinação de fatores *mid-to-endpoint* os resultados vão ser diferentes em valores absolutos, uma vez que o método atualizado, contém mais caminhos de danos e atualizações dos fatores.

Pela literatura, existem mais métodos de estudo na base de dados EcoInvent 3.5, em que se destaca o ILCD, o IMPACT+ e EDIP97 e EDIP 2003, estes métodos não foram estudados, na presente dissertação porque através da revisão da literatura, não há estudos no âmbito do couro [46, 47].

Como o presente estudo incidiu numa empresa sediada em Portugal, os fatores energéticos, que foram utilizados para os cálculos da pegada de carbono, tiveram por base os valores do Despacho 17313:2008 [51], publicado no Diário da República, 2ª série – Nº 122 – 26 de Junho de 2008, do SGCIE, que apresenta os fatores de conversão de tonelada equivalente de petróleo, bem como os respetivos fatores para o cálculo da intensidade carbónica nas emissões de GEE, referenciados por kgCO₂eq.

Na Tabela 2.3, podem conferir-se os fatores de emissão dos combustíveis usados, para o presente estudo.

Tabela 2.3 Fatores de emissão e fatores de conversão das fontes energéticas [51]

Combustível	FE (kgCO ₂ eq/ tep)	Fatores de conversão (tep)
Gasóleo / Diesel	3098,2	1 L = $8,73 \times 10^{-4}$ tep
Gasolina	2897,3	1 L = $7,84 \times 10^{-4}$ tep
Gás Natural	2683,7	1000 m ³ = 0,91 tep
Energia Elétrica	2186	1 kWh = 215×10^{-6} tep

Para obter os fatores de conversão das fontes de energia renováveis e de maneira a tornar o estudo mais abrangente, obtiveram-se os fatores de conversão padrão em emissões de GEE para a Europa, de 2017, apresentada na Tabela 2.4 [52].

Tabela 2.4 Fatores de impacto de fontes de energia renováveis [52]

Gerador de energia	kgCO ₂ eq / kWh
Energia Solar Fotovoltaica	0,03
Energia Solar Térmica	0,04
Hidroelétrica	0,006

Assim os vários fatores de conversão das fontes de energia, utilizados nos cálculos da pegada de carbono, estão presentes na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 Fatores das fontes de energia utilizadas no estudo [51, 52]

Fontes de energia	Fatores	Unidades
Gasóleo / Diesel (B7)	2,52	kgCO ₂ eq / L
Gasolina (E5)	2,16	kgCO ₂ eq / L
Gás Natural	2,44	kgCO ₂ eq / m ³
Energia elétrica (rede)	0,47	kgCO ₂ eq / kWh
Energia fotovoltaica	0,03	kgCO ₂ eq / kWh
Energia térmica	0,04	kgCO ₂ eq / kWh
Energia hidroelétrica	0.006	kgCO ₂ eq/ kWh

Como não se obteve informação sobre as transportadoras rodoviárias de pele em bruto e de substâncias químicas, utilizaram-se no presente estudo, fatores de impacto para veículos pesados, publicado pela ACEA [53], que identifica que mais de 60% dos modelos de camiões, utilizados na

Europa são do modelo Euro VI [54] de longas distâncias e a categoria, 5-D L [55], corresponde a um camião com configuração de eixos de 4x2, com carga máxima de admissível superior a 16 toneladas de carga e com um motor de potência superior ou igual a 265 kW, apresentado na Figura 2.10.

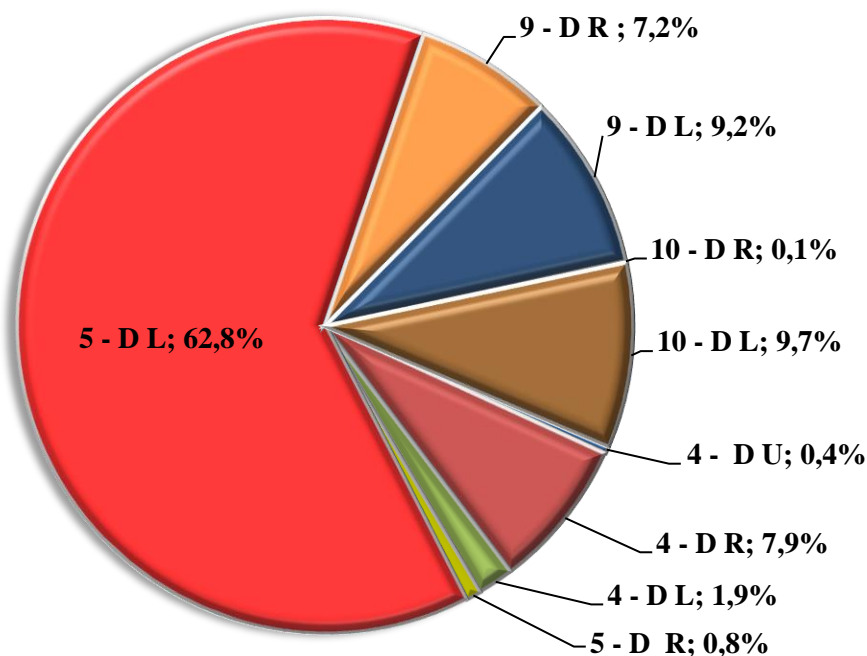


Figura 2.10 Percentagem dos subgrupos de veículos rodoviários (camiões) D U- Distância Urbana; D R- Distância Regional; D L- Distância Longa [53]

Pela recolha de informações na empresa, houve também a necessidade e averiguar o fator de impacto associado ao transporte marítimo, uma vez que os fornecedores de pele em bruto, podem situar-se na América do Sul ou outros territórios onde sejam necessárias viagens transatlânticas. Para o estudo foi considerado o barco de contentores, que segundo o relatório de transporte marítimo anual de 2019, corresponde a 15 % da frota analisada no documento [56].

Para complemento de informações dos transportes, da indústria em Portugal, surgiu a necessidade, de estudar o impacto associado ao transporte ferroviário. Esta necessidade deve-se ao facto de haver ligações de mercadorias para a indústria do couro e esta pode estar sujeita a este meio de transporte até chegar à fábrica. Considerou-se que o transporte ferroviário mais adequado para o estudo é o comboio de contentores [57].

3. Materiais e métodos

3.1. Pressupostos de estudo

No presente estudo foram implementados alguns pressupostos, estes foram:

- Todos dados relativos ao ano de 2019 e auditoria energética realizada no ano de 2015;
- Unidade funcional 1 m² de pele acabada no cálculo das emissões da pegada. No cálculo dos balanços de massa, para facilitar a utilização da ferramenta na empresa, utilizou-se 1 tonelada de pele salgada. Para os artigos Nobuck e Camurça 1 tonelada de pele salgada, corresponde a 114 m² de pele acabada e para o artigo Selvagem corresponde a 114,80 m² de pele acabada.
- Cálculo da pegada de três artigos, Nobuck (*Wet-Blue*), Camurça (*Wet-Blue*) e Selvagem (*Wet-White*);
- Os três artigos apresentam todos a mesma espessura, 1.2 -1.4 mm;
- Base de Cálculo de 1000 kg, de pele em salga, à saída do matadouro;
- Viagens de transporte, só contam, dos fornecedores até à fábrica;
- Base de cálculo de 1000 kg para o fator de impacto das substâncias químicas;
- Subprodutos que são valorizados têm um impacto 0;
- Todas as máquinas encontram-se na potência máxima;
- O crute não é considerado resíduo, também não é considerado nos cálculos;
- Transporte tanto da pele em salga, como das substâncias químicas, modelo de camiões EURO VI, categoria 5- D L;
- Transporte marítimo, barco de contentores;
- Transporte ferroviário, comboio de contentores;
- Modelos de máquinas e empilhadoras móveis, mais modernas;
- Tempos das empilhadoras móveis, variam entre os 10 a 15 minutos;
- A absorção efetiva das substâncias químicas na fase de Ribeira é de 40%;
- A absorção efetiva das substâncias químicas na fase de Curtume é de 60%;
- A absorção efetiva das substâncias químicas na fase de Recurtume é de 65%;
- A absorção efetiva de água na fase de Ribeira é de 12,5 %;
- A absorção efetiva de água na fase de Curtume é de 6%;
- A absorção efetiva de água na fase de Recurtume é de 1,7%;
- 2/3 das substâncias que saem da pistola na máquina de pintar, ficam na pele;
- A área perdida da matéria-prima é de 5%;
- O crute é 50% da matéria-prima;

3.3.Método de Cálculo

Pelos pressupostos anteriores, procedeu-se à seleção das principais metodologias para o estudo, apresentada na Figura 3.2.

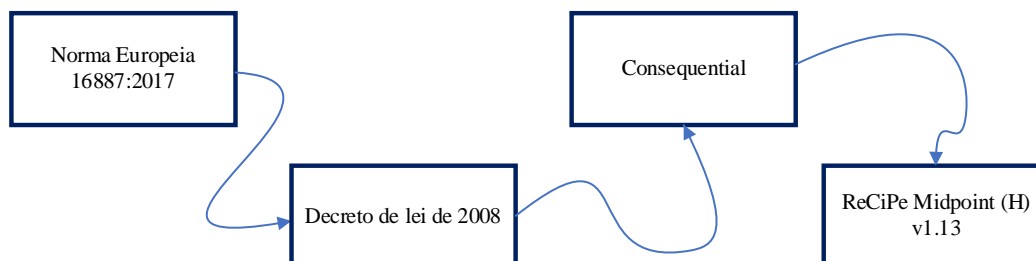


Figura 3.2 Esquema do método de cálculo

As metodologias que serviram de base para a presente dissertação;

- Norma Europeia 16887:2017;
- Uma vez que a base de estudo se trata de uma empresa portuguesa, utilizaram-se os fatores de impacto energéticos com base no despacho nº 17313:2008, divulgado no Diário da República, 2ª série – Nº 122 – 26 de junho de 2008;
- *Consequential*, para o tratamento de resíduos;
- Para se obter o valor de impacto das substâncias químicas foi utilizada a metodologia ReCiPe Midpoint (H) v 1.13, pela base de dados EcoInvent 3.5;

3.4. Balanços energéticos na produção dos artigos Selvagem, Nobuck e Camurça

No presente estudo foram efetuados balanços energéticos, às caldeiras, ar comprimido, bombas de água e às várias águas utilizadas no processo. Deste modo, os balanços tiveram uma base 1 tonelada de utilidades, ou seja, para o consumo de vapor, foi efetuado o cálculo da quantidade de gás natural necessária, para produzir 1 tonelada de vapor, para o ar comprimido uma base de 119.99 m³, que corresponde a 1 tonelada de ar comprimido e para as bombas de água, como a as águas utilizadas no processo, 1000 litros.

Os dados utilizados para os cálculos tiveram por base a auditoria energética realizada em 2015, com referência ao ano de 2014.

Para o cálculo da massa efetiva de gás natural, admitiu-se 10% relativo à purga e make-up dos reagentes. Os dados da Tabela 3.1, são referentes à caldeira de vapor, que segundo a auditoria energética, a distribuição do vapor é 25% para as serpentinas dos depósitos, 40% para a máquina de pintar, 15% para a estufa, 10% para a máquina de vácuo, 10 % para a máquina de pregar e 3% de perdas.

Tabela 3.1 Dados da Caldeira de Vapor

Temperatura dos Condensados	85	°C
Pressão da Caldeira	8	Bar
Mudança de estado (ΔH vaporização)	661.34	kcal/kg
Eficiência da Caldeira	87.3	%
Potência da ventoinha	14.47	kW
Densidade do Gás Natural	0.84	kg/m ³

A empresa possui outra caldeira, para aquecer a água a uma determinada temperatura para se utilizar no processo. As características da caldeira estão discriminadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Dados da caldeira pequena

Pressão da Caldeira	6	Bar
Eficiência da Caldeira	87.3	%
Potência da ventoinha	2	kW
Temperatura da água à entrada	46	°C
Temperatura da água à saída	71	°C

De acordo com a auditoria energética, o ar comprimido utilizado no processo provém de dois compressores, encontrando-se um a funcionar na potência máxima e o outro opera a 45% da potência máxima. Os dados dos dois compressores encontram-se na Tabela 3.3, que segundo a auditoria energética a distribuição do ar comprimido é 70% para a máquina de pintar, 10% para a máquina de acamurçar, 10% para a máquina de medir e 10% de perdas.

Tabela 3.3 Dados dos dois compressores

Compressor 1		
Potência máxima	90	kW
Caudal máximo	17,1	m ³ /min
Compressor 2		
Potência máxima	55	kW
Caudal máximo	10,2	m ³ /min

Referente às bombas de água e de acordo com a auditoria energética, os dados encontram-se na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Dados das bombas

Bombas Furo		
Potência máxima	18,3874	kW
Caudal máximo	29,88	m ³ /h
Potência máxima	36,7749	kW
Caudal máximo	45	m ³ /h
Bomba Caldeira Vapor		
Potência máxima	3	kW
Caudal máximo	6	m ³ /h
Bomba Caldeira Pequena		
Potência máxima	3	kW
Caudal máximo	12	m ³ /h
Bombas Depósito 1		
Potência máxima	3	kW
Caudal máximo	12	m ³ /h
Bombas Depósito 2		
Potência máxima	3	kW
Caudal máximo	12	m ³ /h
Bombas Depósito 3		
Potência máxima	3	kW
Caudal máximo	12	m ³ /h

Por último, referente às águas de processo, estas encontram-se a várias temperaturas, que são utilizadas no processo. Deste modo tiveram de se calcular as várias temperaturas de forma individual. Segundo os dados da auditoria energética, a temperatura da água fria, é de 21,5 °C e a temperatura de referência para os cálculos é de 25 °C.

3.5. Planificação da dissertação

A planificação da dissertação teve como plano principal a contextualização do tema, através da literatura e o desenvolvimento de uma ferramenta em Excel. Para o desenvolvimento da ferramenta, foi elaborado um planeamento das várias tarefas para a concretização das mesmas. A presente dissertação apresenta um esquema de planificação, onde se demonstram as várias etapas da dissertação, apresentada na Figura 3.3.

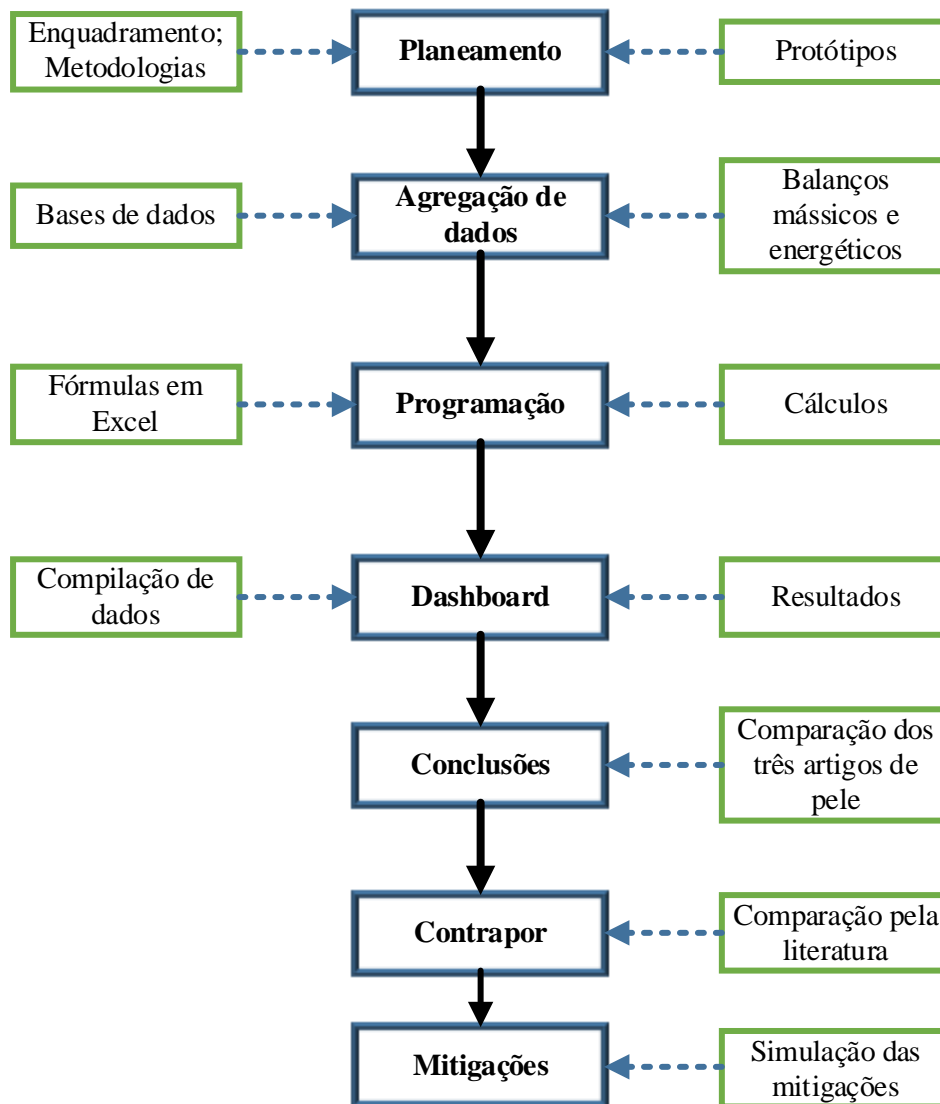


Figura 3.3 Esquema da planificação da dissertação

4. Apresentação e Discussão dos resultados

4.1. Apresentação da interface

Na construção da ferramenta, foi necessária a produção de um dashboard, que contribui tanto para a agregação dos resultados como para a representação dos mesmos, de uma forma sucinta e clara. Com base nos princípios das boas práticas, para a construção de um dashboard consistem, na boa disposição da informação, de um modo simples, mas rigoroso, gráficos bem elucidativos e disposição de dados relevantes dos resultados obtidos, pelos cálculos do processo em estudo. A ferramenta está construída de uma forma dinâmica, que possibilita o estudo da pegada de carbono dos três artigos de pele. Estes possuem diferentes processos de produção. A ferramenta apresenta versatilidade no estudo do artigo, onde o utilizador pode ativar e desativar as máquinas que façam parte da produção de cada artigo.

A ferramenta formulada, apresenta-se dividida em várias secções, no qual a Figura 4.1 apresenta o fluxograma para o estudo da pegada de carbono para os artigos de pele e a Figura 4.2 apresenta a divisão dos vários separadores.

Contém o fluxograma geral do processo de produção dos artigos em pele, que se encontram divididos pelas fases de produção. Sendo que estes separadores contêm:

- Contém todas as máquinas dos processos;
- As máquinas e empilhadoras móveis estão divididas pelas fases do processo;
- Botões de ativar/desativar as máquinas, caso façam parte do processo do artigo escolhido;
- Escolha das empilhadoras de forma dinâmica, caso façam parte do processo;
- As substâncias químicas e água do processo, têm por base as formulações da empresa;
- Os tempos de operação das máquinas, têm um valor designado, mas este pode ser modificado pelo operador da ferramenta;
- A ferramenta elaborada contém 35 separadores, sendo 10 separadores principais e 25 separadores auxiliares;
- Possibilidade de os dados serem atualizados, de resíduos, de água e de energia;
- Bases de dados de máquinas, equipamentos, substâncias químicas, resíduos, fatores de impacto das diferentes fontes de energia, diferentes transportes da pele;
- Balanços mássicos e energéticos;
- Separadores de cálculos auxiliares para os valores da pegada de carbono;
- Separadores de cálculos auxiliares dos diferentes foudons.

O dashboard encontra-se dividido em secções, onde estão organizados gráficos com maior relevância para o estudo da pegada de carbono, apresentada na Figura 4.3.

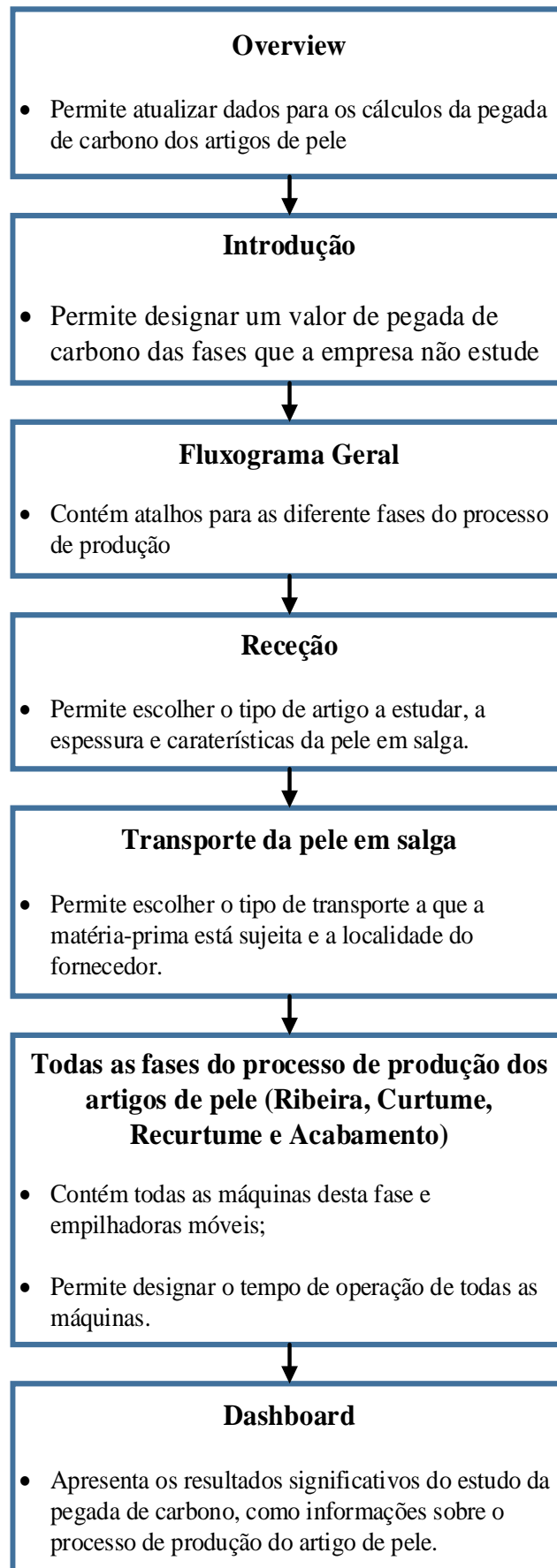


Figura 4.1 Fluxograma da ferramenta formulada



Figura 4.2 Apresentação da ferramenta

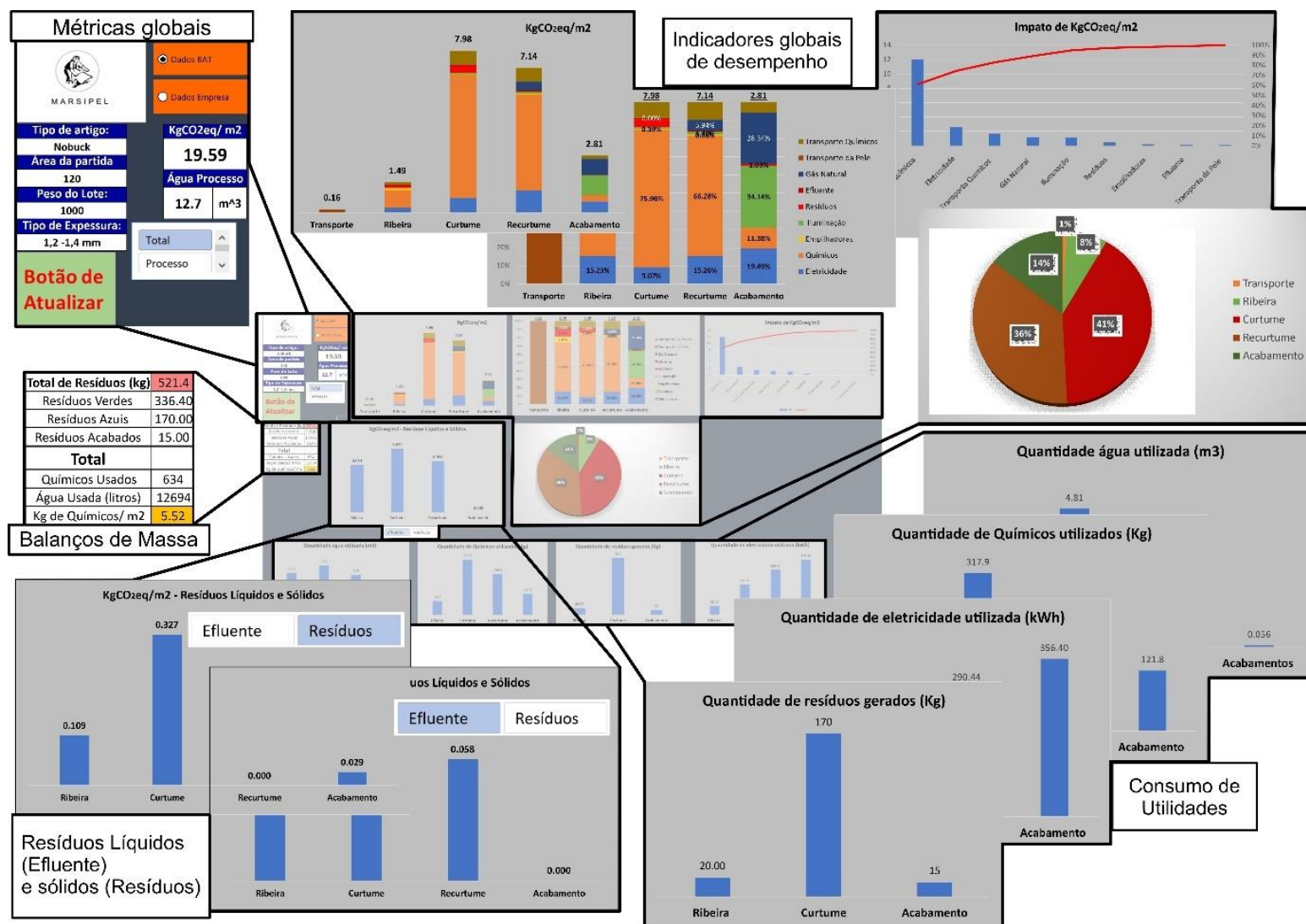


Figura 4.3 Apresentação da interface

4.2. Balanços de massa e energia aos processos de produção Selvagem, Nobuck e Camurça

Neste trabalho foi utilizado como unidade funcional 1 m² de pele em acabado. Para a realização dos balanços e fluxogramas, utilizou-se 1 tonelada de pele em salga à entrada da fábrica, que depois foi convertida em unidade funcional.

Foram estudados 3 artigos, Selvagem, Nobuck e Camurça. Os artigos Nobuck e Camurça, foram selecionados para o estudo porque são os artigos mais produzidos pela empresa e ambos os artigos são em *Wet-Blue*. O artigo Selvagem foi selecionado, porque a curtimenta deste artigo é feita através de taninos sintéticos, e para se observar a diferença entre valor da pegada de carbono dos artigos em *Wet-Blue* e *Wet-White*. Os artigos estudados têm características individuais no seu processo de produção, o que implicou a elaboração de fluxogramas e balanços mássicos específicos para cada artigo.

Os pressupostos utilizados nos balanços mássicos com as métricas do BAT [12] são, que uma tonelada de pele em bruto à entrada, corresponde a 200 a 250 quilos de pele acabada. Segundo novos dados a quantidade de pele acabada pode chegar até aos 300 quilos [58]. As quantidades de resíduos gerados no processo de produção devem variar entre os 450 quilos e os 730 quilos. O documento BAT [12] não refere a humidade da pele acabada, pelo que se usou o valor de referência da empresa, 12-13%.

A Figura 4.4 ilustra o fluxograma do artigo Nobuck e a Tabela 4.1 corresponde aos balanços mássicos do artigo Nobuck. A Figura 4.5 e a Tabela 4.2 corresponde aos balanços mássicos do artigo Camurça.

O artigo Selvagem, apresenta um método de produção diferente do que os artigos em *Wet-Blue*, pelo que está apresentado na Figura 4.6 e Tabela 4.3.

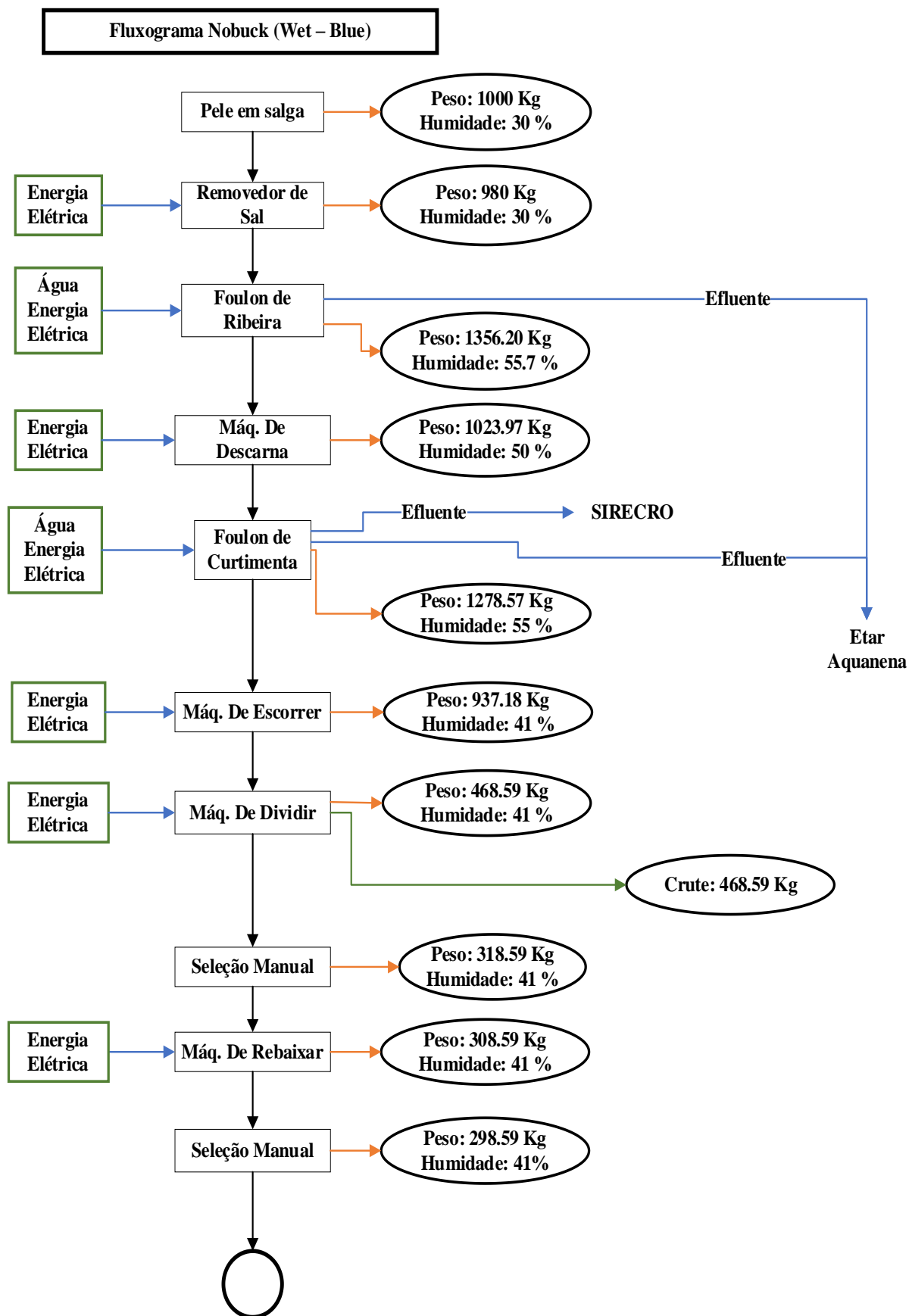


Figura 4.4 Fluxograma do artigo Nobuck (1 de 2)

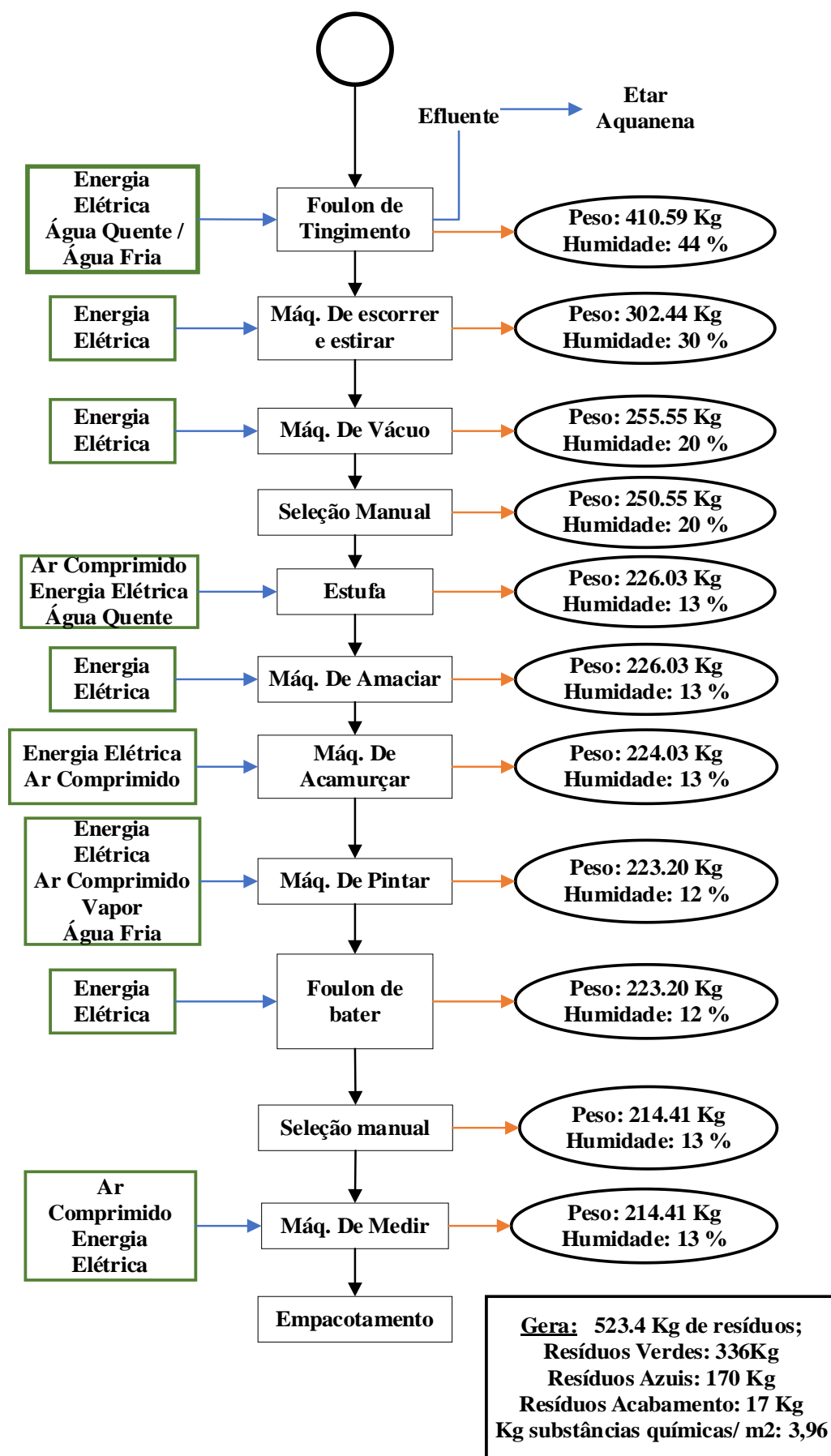


Figura 4.4 Fluxograma do artigo Nobuck (2 de 2)

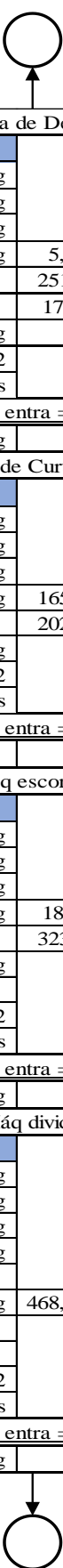
Tabela 4.1 Balanço mássico, artigo Nobuck (1 de 6)

Balanços mássicos – Nobuck (Wet - Blue)

Entrada da fábrica											
Entrada					Saída						
Peso	1000,00			Kg		1000,00	Kg				
Pele	70,0%	%	686,00	Kg		686,00	Kg	70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg		294,00	Kg	30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg		0,00	Kg				
Outros	2,0%		20,00	Kg		20,00	Kg				
Etar			0,00	L		0,00	L				
Aterro			0,00	Kg		0,00	Kg				
Área			120,00	m2	120	m2	120,00	m2			
Área			1291,68	pés			1291,68	pés			
Tudo o que entra = ao que sai											
Total			1000,00	Kg		1000,00	Kg	Total			
Removedor de Sal											
Entrada					Saída						
Peso			1000,00	Kg		980,00	Kg				
Pele	70,0%	%	686,00	Kg		686,00	Kg	70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg		294,00	Kg	30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg		0,00	Kg				
Outros	2,0%		20,00	Kg		0,00	Kg				
Etar			0,00	L		0,00	L				
Aterro			0,00	Kg	20	Kg	0,00	Kg			
Área			120,00	m2			120,00	m2			
Área			1291,68	pés			1291,68	pés			
Tudo o que entra = ao que sai											
Total			1000,00	Kg		Total		1000,00	Kg		
Antes de Entrar para o foulon											
Entrada					Saída						
Peso			980,00	Kg		840,00	Kg				
Pele	70,0%	%	686,00	Kg		588,00	Kg	70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg		252,00	Kg	30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg		0,00	Kg				
Outros			0,00	Kg		0,00	Kg				
Etar			0,00	L		0,00	L				
Pele			0,00	Kg	140	Kg	98,00	Kg			
Água			0,00				42,00	Kg			
Área			120,00	m2	1,8	m2	118,20	m2			
Área			1291,68	pés			1272,30	pés			
Tudo o que entra = ao que sai											
Total			980,00	Kg		Total		980,00	Kg		
Foulon de Ribeira											
Entrada					Saída						
Peso			840,00	Kg		1356,20	Kg				
Pele	70,0%	%	588,00	Kg	8,40	Kg	579,60	Kg	42,7	%	
Humidade	30,0%	%	252,00	Kg			756,00	Kg	55,7	%	
Químicos			79,21	Kg	58,62	Kg	20,60	Kg	1,5	%	
Outros	sal (20%)		0,00	Kg	168	Kg	0,00	Kg			
	cabelo (11%)				92,4	Kg					
Água			4032,00	L	504,00	L	3528,00	L			
Aterro			0,00	Kg				Kg			
Área			118,20	m2			118,20	m2			
Área			1272,30	pés			1272,30	pés			
Tudo o que entra = ao que sai											
Total			4951,21	Kg		Total		4951,21	Kg		



Tabela 4.1 - Balanço mássico, artigo Nobuck (2 de 6)



Máquina de Descarna									
Entrada					Saída				
Peso			1356,20	Kg		1023,97	Kg		
Pele	42,7	%	579,60	Kg		504,21	Kg	50	%
Humidade	55,7	%	756,00	Kg		504,21	Kg	50	%
Químicos	1,5	%	20,60	Kg	5,05	Kg	15,55	Kg	
Etar				L	251,79	L		L	
Pele	carnaça (21%)				176,4	Kg	75,39	Kg	
Água			0,00	Kg		Kg	98,33	Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			1356,20	Kg		Total			1356,20 Kg
Foulon de Curtimenta									
Entrada					Saída				
Peso			1023,97	Kg		1278,57	Kg		
Pele	50	%	504,21	Kg		504,21	Kg	39	%
Humidade	50	%	504,21	Kg		706,96	Kg	55	%
Químicos		0	233,16	Kg	165,76	Kg	67,40	Kg	5
Água			3379,12	L	202,75	L	3176,37	L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			4620,70			Total			4620,70 Kg
Máq escorrer									
Entrada					Saída				
Peso			1278,57	Kg		937,18	Kg		
Pele	39	%	504,21	Kg		504,21	Kg	53,8	%
Humidade	55	%	706,96	Kg		383,57	Kg	40,9	%
Químicos	5	%	67,40	Kg	18,00	Kg	49,40	Kg	5
Etar				L	323,39	L		L	
Crute				Kg			0,00	Kg	
							0,00	Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			1278,57	Kg		Total			1278,57 Kg
Máq dividir									
Entrada					Saída				
Peso			937,18	Kg		468,59	Kg		
Pele	53,8	%	504,21	Kg		252,11	Kg	53,80	%
Humidade	40,9	%	383,57	Kg		191,79	Kg	40,93	%
Químicos	5,3	%	49,40	Kg		24,70	Kg	5,27	%
Etar				L			L		
Crute				Kg	468,5923	Kg	252,11	Kg	
							191,79	Kg	
							24,70	Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			937,18	Kg		Total			937,18 Kg

Tabela 4.1 - Balanço mássico, artigo Nobuck (3 de 6)

Seleção manual										
Entrada					Saída					
Peso			468,59	Kg			318,59	Kg		
Pele	53,8	%	252,11	Kg			171,40	Kg	53,8	%
Humidade	40,9	%	191,79	Kg			130,39	Kg	40,9	%
Químicos	5,3	%	24,70	Kg			7,91	Kg	16,79	Kg
Etar				L				L		
Pele					150	Kg	80,70	Kg		
Água				Kg			61,39	Kg		
Área			118,20	m2	0,75	m2	117,45	m2		
Área			1272,30	pés			1264,23	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			468,59	Kg				Total	468,59	Kg
Máq de Rebaixar										
Entrada					Saída					
Peso			318,59	Kg			308,59	Kg		
Pele	53,8	%	171,40	Kg			166,02	Kg	53,8	%
Humidade	40,9	%	130,39	Kg			126,30	Kg	40,9	%
Químicos	5,3	%	16,79	Kg			0,53	Kg	16,27	Kg
Etar				L				L		
Pele					10	Kg	5,38	Kg		
Água				Kg			4,09	Kg		
Área			117,45	m2	0,4		117,05	m2		
Área			1264,23	pés			1259,93	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			318,59	Kg				Total	318,59	Kg
Seleção Manual										
Entrada					Saída					
Peso			308,59	Kg			298,59	Kg		
Pele	53,8	%	166,02	Kg			160,64	Kg	54%	%
Humidade	40,9	%	126,30	Kg			122,21	Kg	41%	%
Químicos	5,3	%	16,27	Kg			15,74	Kg	5%	%
Etar				L				L		
Pele					10	Kg	5,38	Kg		
Água				Kg			4,09	Kg		
Químicos							0,53	Kg		
Área			117,05	m2	0,8	m2	116,25	m2		
Área			1259,93	pés			1251,32	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			308,59	Kg				Total	308,59	Kg
Foulon de Tingimento										
Entrada					Saída					
Peso			298,59	Kg			410,59	Kg		
Pele	53,8	%	160,64	Kg			160,64	Kg	39,1	%
Humidade	40,9	%	122,21	Kg			180,07	Kg	43,9	%
Químicos			132,50	Kg			62,63	Kg	69,87	Kg
Etar			3403,95	L	57,87	Kg	3346,08	L		
Aterro				Kg				Kg		
Área			116,25	m2			116,25	m2		
Área			1251,32	pés			1251,32	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			3819,31	Kg				Total	3819,31	Kg

Tabela 4.1 - Balanço mássico, artigo Nobuck (4 de 6)

Máq escorrer e estirar									
Entrada					Saída				
Peso			410,59	Kg			302,44	Kg	
Pele	39,1	%	160,64	Kg			160,64	Kg	53,1 %
Humidade	43,9	%	180,07	Kg			90,33	Kg	29,9 %
Químicos	17,0	%	69,87	Kg	18,40	Kg	51,47	Kg	17,0 %
Etar				L	89,75	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			116,25	m2			116,25	m2	
Área			1251,32	pés			1251,32	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			410,59	Kg			Total		410,59 Kg
Máquina de Vácuo									
Entrada					Saída				
Peso			302,44	Kg			255,55	Kg	
Pele	53,1	%	160,64	Kg			160,64	Kg	63 %
Humidade	29,9	%	90,33	Kg			51,42	Kg	20 %
Químicos	17,0	%	51,47	Kg	7,98	Kg	43,49	Kg	17 %
Etar				L	38,91	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			116,25	m2			116,25	m2	
Área			1251,32	pés			1251,32	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			302,44	Kg			Total		302,44 Kg
Seleção manual									
Entrada					Saída				
Peso			255,55	Kg			250,55	Kg	
Pele	63	%	160,64	Kg			157,50	Kg	63 %
Humidade	20	%	51,42	Kg			50,41	Kg	20 %
Químicos	17	%	43,49	Kg			42,64	Kg	17 %
Etar				L				L	
Pele					5	Kg	3,14	Kg	
Água				Kg			1,01	Kg	
Químicos							0,85	Kg	
Área			116,25	m2	0,7	m2	115,55	m2	
Área			1251,32	pés			1243,78	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			255,55	Kg			Total		255,55 Kg
Estufa									
Entrada					Saída				
Peso			250,55	Kg			226,03	Kg	
Pele	63	%	157,50	Kg			157,50	Kg	70 %
Humidade	20	%	50,41	Kg			30,07	Kg	13 %
Químicos	17	%	42,64	Kg	4,17	Kg	38,46	Kg	17 %
Etar				L	20,34	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1243,78	pés			1243,78	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			250,55	Kg			Total		250,55 Kg

Tabela 4.1 - Balanço mássico, artigo Nobuck (5 de 6)

Máq Amaciar									
Entrada					Saída				
Peso			226,03	Kg			226,03	Kg	
Pele	70	%	157,50	Kg			157,50	Kg	70
Humidade	13	%	30,07	Kg			30,07	Kg	13
Químicos	17	%	38,46	Kg			38,46	Kg	17
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1243,78	pés			1243,78	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			226,03	Kg		Total			226,03
Máq. Acamurçar									
Entrada					Saída				
Peso			226,03	Kg			224,03	Kg	
Pele	70	%	157,50	Kg			156,11	Kg	70
Humidade	13	%	30,07	Kg			29,80	Kg	13
Químicos	17	%	38,46	Kg	0,34	Kg	38,12	Kg	17
Etar				L				L	
Pele					2	Kg	1,39	Kg	
Água				Kg			0,27	Kg	
Área			115,55	m2	0,8	m2	114,75	m2	
Área			1243,78	pés			1235,17	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			226,03	Kg		Total			226,03
Máq. Pintar									
Entrada					Saída				
Peso			224,03	Kg			223,20	Kg	
Pele	70	%	156,11	Kg			156,11	Kg	70
Humidade	13	%	29,80	Kg			26,88	Kg	12
Químicos	17	%	44,70	Kg	4,50	Kg	40,21	Kg	18
Etar				L	2,92	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			114,75	m2			114,75	m2	
Área			1235,17	pés			1235,17	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			230,61	Kg		Total			230,61
Rotoinco/ Pistola									
Entrada					Saída				
Peso			223,20	Kg			223,20	Kg	
Pele	70	%	156,11	Kg			156,11	Kg	70
Humidade	12	%	26,88	Kg			26,88	Kg	12
Químicos	18	%	40,21	Kg			40,21	Kg	18
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			114,75	m2			114,75	m2	
Área			1235,17	pés			1235,17	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			223,20	Kg		Total			223,20

Tabela 4.1 - Balanço mássico, artigo Nobuck (6 de 6)



Seleção manual										
Entrada							Saída			
Peso			223,20	Kg			214,40	Kg		
Pele	70	%	156,11	Kg			149,11	Kg	70	%
Humidade	12	%	26,88	Kg			26,88	Kg	13	%
Químicos	18	%	40,21	Kg			38,41	Kg	18	%
Etar				L				L		
Pele							10	Kg	6,99	Kg
Água									1,20	Kg
Quimicos									1,80	Kg
Área			114,75	m2			0,75	m2	114,00	m2
Área			1235,17	pés			1227,10	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			223,20	Kg			Total	223,20	Kg	
Máq. Medir										
Entrada							Saída			
Peso			214,40	Kg			214,40	Kg		
Pele	70	%	149,11	Kg			149,11	Kg	70	%
Humidade	13	%	26,88	Kg			26,88	Kg	13	%
Químicos	18	%	38,41	Kg			38,41	Kg	18	%
Etar				L				L		
Aterro				Kg				Kg		
Área			114,00	m2				114,00	m2	
Área			1227,10	pés				1227,10	pés	
Total			214,40	Kg					Total	214,40
Fim										

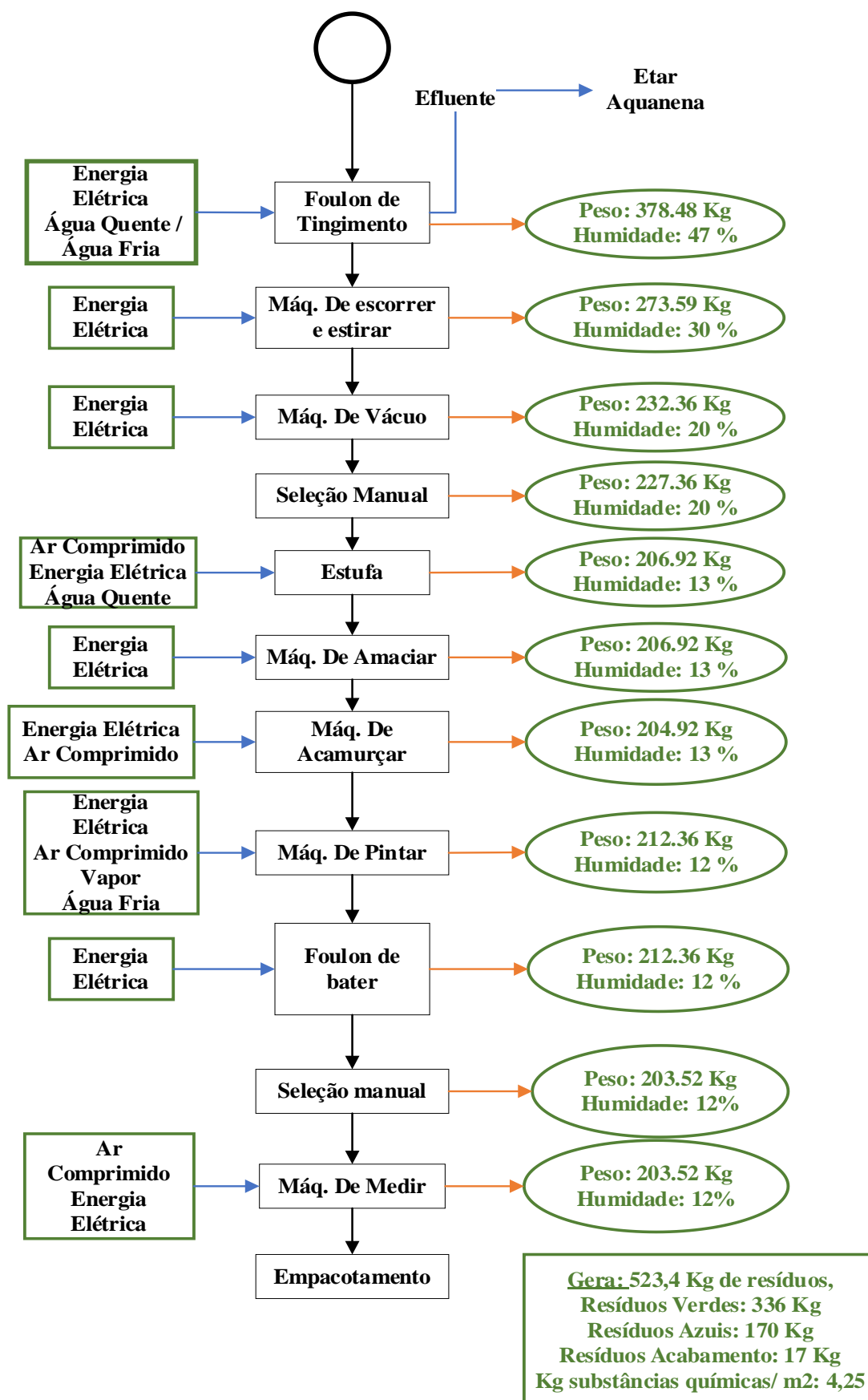


Figura 4.5 Fluxograma do artigo Camurça (2 de 2)


Tabela 4.2 Balanço mássico, artigo Camurça (1 de 6)

Balanços mássicos – Camurça (Wet - Blue)

Entrada da fábrica										
Entrada					Saída					
Peso	1000,00			Kg			1000,00	Kg		
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			686,00	Kg	70,0%	%
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			294,00	Kg	30,0%	%
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg		
Outros	2,0%		20,00	Kg			20,00	Kg		
Etar			0,00	L			0,00	L		
Aterro		0,00	Kg	0,00			Kg			
Área		120,00	m2	120			m2	120,00	m2	
Área			1291,68	pés			1291,68	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			1000,00	Kg			1000,00	Kg	Total	
Removedor de Sal										
Entrada					Saída					
Peso			1000,00	Kg			980,00	Kg		
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			686,00	Kg	70,0%	%
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			294,00	Kg	30,0%	%
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg		
Outros	2,0%		20,00	Kg			0,00	Kg		
Etar			0,00	L			0,00	L		
Aterro		0,00	Kg	20			Kg	0,00		
Área		120,00	m2					120,00	m2	
Área			1291,68	pés			1291,68	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			1000,00	Kg			Total		1000,00	Kg
Antes de Entrar para o foulon										
Entrada					Saída					
Peso			980,00	Kg			840,00	Kg		
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			588,00	Kg	70,0%	%
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			252,00	Kg	30,0%	%
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg		
Outros			0,00	Kg			0,00	Kg		
Etar			0,00	L			0,00	L		
Pele			0,00	Kg			140	Kg		
Água			0,00						42,00	Kg
Área			120,00	m2	1,8	m2	118,20	m2		
Área			1291,68	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			980,00	Kg			Total		980,00	Kg
Foulon de Ribeira										
Entrada							Saída			
Peso			840,00	Kg			1356,20	Kg		
Pele	70,0%	%	588,00	Kg	8,40	Kg	579,60	Kg	42,7	%
Humidade	30,0%	%	252,00	Kg			756,00	Kg	55,7	%
Químicos			79,21	Kg	58,62	Kg	20,60	Kg	1,5	%
Outros	sal (20%)		0,00	Kg	168	Kg	0,00	Kg		
	cabelo (11%)				92,4	Kg				
Água			4032,00	L	504,00	L	3528,00	L		
Aterro		0,00	Kg				Kg			
Área		118,20	m2			118,20	m2			
Área			1272,30	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			4951,21	Kg			Total		4951,21	Kg

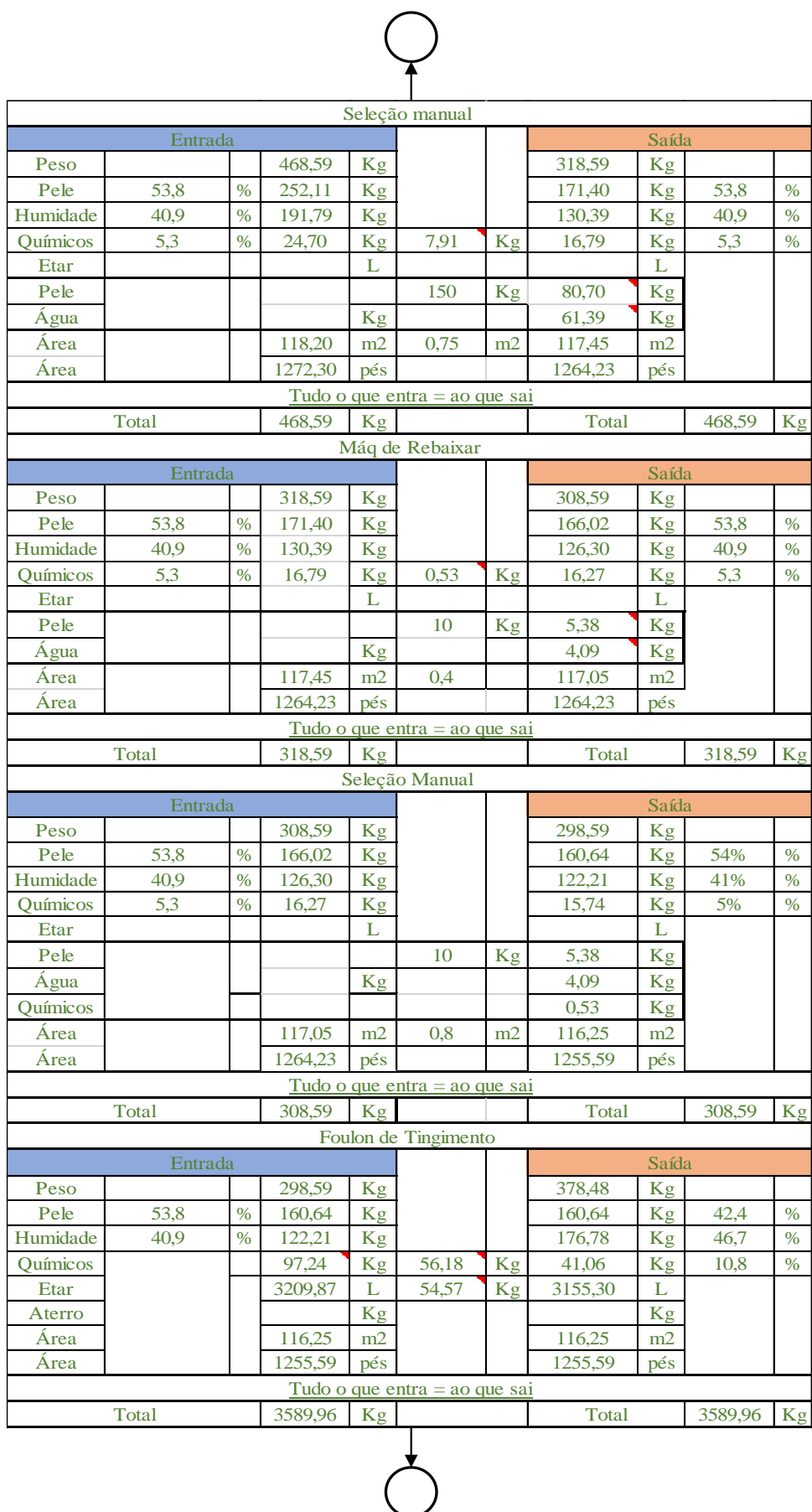


Tabela 4.2 - Balanço mássico, artigo Camurça (2 de 6)



Máquina de Descarna									
Entrada					Saída				
Peso			1356,20	Kg		1023,97	Kg		
Pele	42,7	%	579,60	Kg		504,21	Kg	50	%
Humidade	55,7	%	756,00	Kg		504,21	Kg	50	%
Químicos	1,5	%	20,60	Kg	5,05	Kg	15,55	Kg	
Etar				L	251,79	L		L	
Pele	carnaça (21%)				176,4	Kg	75,39	Kg	
Água			0,00	Kg		Kg	98,33	Kg	
Área			118,20	m2		m2	118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			1356,20	Kg	Total			1356,20	Kg
Foulon de Curtimenta									
Entrada					Saída				
Peso			1023,97	Kg		1278,57	Kg		
Pele	50	%	504,21	Kg		504,21	Kg	39	%
Humidade	50	%	504,21	Kg		706,96	Kg	55	%
Químicos		0	233,16	Kg	165,76	Kg	67,40	Kg	5
Água			3379,12	L	202,75	L	3176,37	L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			4620,70		Total			4620,70	Kg
Máq escorrer									
Entrada					Saída				
Peso			1278,57	Kg		937,18	Kg		
Pele	39	%	504,21	Kg		504,21	Kg	53,8	%
Humidade	55	%	706,96	Kg		383,57	Kg	40,9	%
Químicos	5	%	67,40	Kg	18,00	Kg	49,40	Kg	5
Etar				L	323,39	L		L	
Crute				Kg		0,00	Kg		
						0,00	Kg		
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			1278,57	Kg	Total			1278,57	Kg
Máq dividir									
Entrada					Saída				
Peso			937,18	Kg		468,59	Kg		
Pele	53,8	%	504,21	Kg		252,11	Kg	53,80	%
Humidade	40,9	%	383,57	Kg		191,79	Kg	40,93	%
Químicos	5,3	%	49,40	Kg		24,70	Kg	5,27	%
Etar				L			L		
Crute				Kg	468,5923	Kg	252,11	Kg	
							191,79	Kg	
							24,70	Kg	
Área			118,20	m2			118,20	m2	
Área			1272,30	pés			1272,30	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			937,18	Kg	Total			937,18	Kg

Tabela 4.2 - Balanço mássico, artigo Camurça (3 de 6)

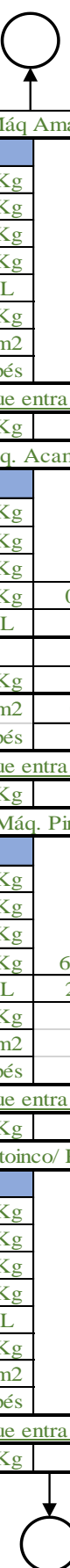


Seleção manual									
Entrada					Saída				
Peso			468,59	Kg			318,59	Kg	
Pele	53,8	%	252,11	Kg			171,40	Kg	53,8 %
Humidade	40,9	%	191,79	Kg			130,39	Kg	40,9 %
Químicos	5,3	%	24,70	Kg	7,91	Kg	16,79	Kg	5,3 %
Etar				L				L	
Pele					150	Kg	80,70	Kg	
Água				Kg			61,39	Kg	
Área			118,20	m2	0,75	m2	117,45	m2	
Área			1272,30	pés			1264,23	pés	
<u>Tudo o que entra = ao que sai</u>									
Total			468,59	Kg	Total			468,59	Kg
Máq de Rebaixar									
Entrada					Saída				
Peso			318,59	Kg			308,59	Kg	
Pele	53,8	%	171,40	Kg			166,02	Kg	53,8 %
Humidade	40,9	%	130,39	Kg			126,30	Kg	40,9 %
Químicos	5,3	%	16,79	Kg	0,53	Kg	16,27	Kg	5,3 %
Etar				L				L	
Pele					10	Kg	5,38	Kg	
Água				Kg			4,09	Kg	
Área			117,45	m2	0,4		117,05	m2	
Área			1264,23	pés			1264,23	pés	
<u>Tudo o que entra = ao que sai</u>									
Total			318,59	Kg	Total			318,59	Kg
Seleção Manual									
Entrada					Saída				
Peso			308,59	Kg			298,59	Kg	
Pele	53,8	%	166,02	Kg			160,64	Kg	54% %
Humidade	40,9	%	126,30	Kg			122,21	Kg	41% %
Químicos	5,3	%	16,27	Kg			15,74	Kg	5% %
Etar				L				L	
Pele					10	Kg	5,38	Kg	
Água				Kg			4,09	Kg	
Químicos							0,53	Kg	
Área			117,05	m2	0,8	m2	116,25	m2	
Área			1264,23	pés			1255,59	pés	
<u>Tudo o que entra = ao que sai</u>									
Total			308,59	Kg	Total			308,59	Kg
Foulon de Tingimento									
Entrada					Saída				
Peso			298,59	Kg			378,48	Kg	
Pele	53,8	%	160,64	Kg			160,64	Kg	42,4 %
Humidade	40,9	%	122,21	Kg			176,78	Kg	46,7 %
Químicos			97,24	Kg	56,18	Kg	41,06	Kg	10,8 %
Etar			3209,87	L	54,57	Kg	3155,30	L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			116,25	m2			116,25	m2	
Área			1255,59	pés			1255,59	pés	
<u>Tudo o que entra = ao que sai</u>									
Total			3589,96	Kg	Total			3589,96	Kg

Tabela 4.2 - Balanço mássico, artigo Camurça (4 de 6)

Máq escorrer e estirar												
Entrada							Saída					
Peso			378,48	Kg			273,59	Kg				
Pele	42,4	%	160,64	Kg			160,64	Kg	58,7	%		
Humidade	46,7	%	176,78	Kg			83,27	Kg	30,4	%		
Químicos	10,8	%	41,06	Kg			11,38	Kg	29,68	Kg	10,8	%
Etar				m3			93,51	Kg		m3		
Aterro				Kg					Kg			
Área			116,25	m2				116,25	m2			
Área			1255,59	pés		1255,59	pés					
Tudo o que entra = ao que sai												
Total			378,48	Kg			Total		378,48	Kg		
Máquina de Vácuo												
Entrada							Saída					
Peso			273,59	Kg			232,36	Kg				
Pele	58,7	%	160,64	Kg			160,64	Kg	69	%		
Humidade	30,4	%	83,27	Kg			46,51	Kg	20	%		
Químicos	10,8	%	29,68	Kg			4,47	Kg	25,21	Kg	11	%
Etar				L			36,76	Kg		L		
Aterro				Kg					Kg			
Área			116,25	m2				116,25	m2			
Área			1255,59	pés		1255,59	pés					
Tudo o que entra = ao que sai												
Total			273,59	Kg			Total		273,59	Kg		
Seleção manual												
Entrada							Saída					
Peso			232,36	Kg			227,36	Kg				
Pele	69	%	160,64	Kg			157,19	Kg	69	%		
Humidade	20	%	46,51	Kg			45,51	Kg	20	%		
Químicos	11	%	25,21	Kg			24,67	Kg	11	%		
Etar				L				L				
Pele							5	Kg	3,46	Kg		
Água				Kg					1,00	Kg		
Químicos									0,54	Kg		
Área			116,25	m2			0,7	m2	115,55	m2		
Área			1255,59	pés			1248,03	pés				
Tudo o que entra = ao que sai												
Total			232,36	Kg			Total		232,36	Kg		
Estufa												
Entrada							Saída					
Peso			227,36	Kg			206,92	Kg				
Pele	69	%	157,19	Kg			157,19	Kg	76	%		
Humidade	20	%	45,51	Kg			27,28	Kg	13	%		
Químicos	11	%	24,67	Kg			2,22	Kg	22,45	Kg	11	%
Etar				L			18,23	Kg		L		
Aterro				Kg					Kg			
Área			115,55	m2				115,55	m2			
Área			1248,03	pés		1248,03	pés					
Tudo o que entra = ao que sai												
Total			227,36	Kg			Total		227,36	Kg		

Tabela 4.2 - Balanço mássico, artigo Camurça (5de 6)



Máq Amaciador									
Entrada					Saída				
Peso			206,92	Kg			206,92	Kg	
Pele	76	%	157,19	Kg			157,19	Kg	76
Humidade	13	%	27,28	Kg			27,28	Kg	13
Químicos	11	%	22,45	Kg			22,45	Kg	11
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1248,03	pés			1248,03	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			206,92	Kg		Total			206,92
Máq. Acamurçar									
Entrada					Saída				
Peso			206,92	Kg			204,92	Kg	
Pele	76	%	157,19	Kg			155,67	Kg	76
Humidade	13	%	27,28	Kg			27,02	Kg	13
Químicos	11	%	22,45	Kg	0,22	Kg	22,23	Kg	11
Etar				L				L	
Pele					2	Kg	1,52	Kg	
Água				Kg			0,26	Kg	
Área			115,55	m2	0,8	m2	114,75	m2	
Área			1248,03	pés			1239,39	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			206,92	Kg		Total			206,92
Máq. Pintar									
Entrada					Saída				
Peso			204,92	Kg			212,36	Kg	
Pele	76	%	155,67	Kg			155,67	Kg	73
Humidade	13	%	27,02	Kg			24,59	Kg	12
Químicos	11	%	97,71	Kg	65,61	Kg	32,10	Kg	15
Etar				L	2,43	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			114,75	m2			114,75	m2	
Área			1239,39	pés			1239,39	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			280,40	Kg		Total			280,40
Rotoinco/ Pistola									
Entrada					Saída				
Peso			212,36	Kg			212,36	Kg	
Pele	73	%	155,67	Kg			155,67	Kg	73
Humidade	12	%	24,59	Kg			24,59	Kg	12
Químicos	15	%	32,10	Kg			32,10	Kg	15
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			114,75	m2			114,75	m2	
Área			1239,39	pés			1239,39	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			212,36	Kg		Total			212,36

Tabela 4.2 - Balanço mássico, artigo Camurça (6 de 6)



Seleção manual											
Entrada							Saída				
Peso			212,36	Kg			203,52	Kg			
Pele	73	%	155,67	Kg			148,34	Kg	73	%	
Humidade	12	%	24,59	Kg			24,59	Kg	12	%	
Químicos	15	%	32,10	Kg			30,59	Kg	15	%	
Etar				L			L				
Pele					10	Kg	7,33	Kg			
Água							1,20	Kg			
Quimicos							1,51	Kg			
Área			114,75	m2	0,75	m2	114,00	m2			
Área					1239,39	pés				1231,29	pés
Tudo o que entra = ao que sai											
Total			212,36	Kg			Total	212,36	Kg		
Máq. Medir											
Entrada							Saída				
Peso			203,52	Kg			203,52	Kg			
Pele	73	%	148,34	Kg			148,34	Kg	73	%	
Humidade	12	%	24,59	Kg			24,59	Kg	12	%	
Químicos	15		30,59	Kg			30,59	Kg	15	%	
Etar				L				L			
Aterro				Kg				Kg			
Área			114,00	m2				114,00	m2		
Área			1231,29	pés				1231,29	pés		
Total			203,52	Kg			Total	203,52	Kg		
Fim											

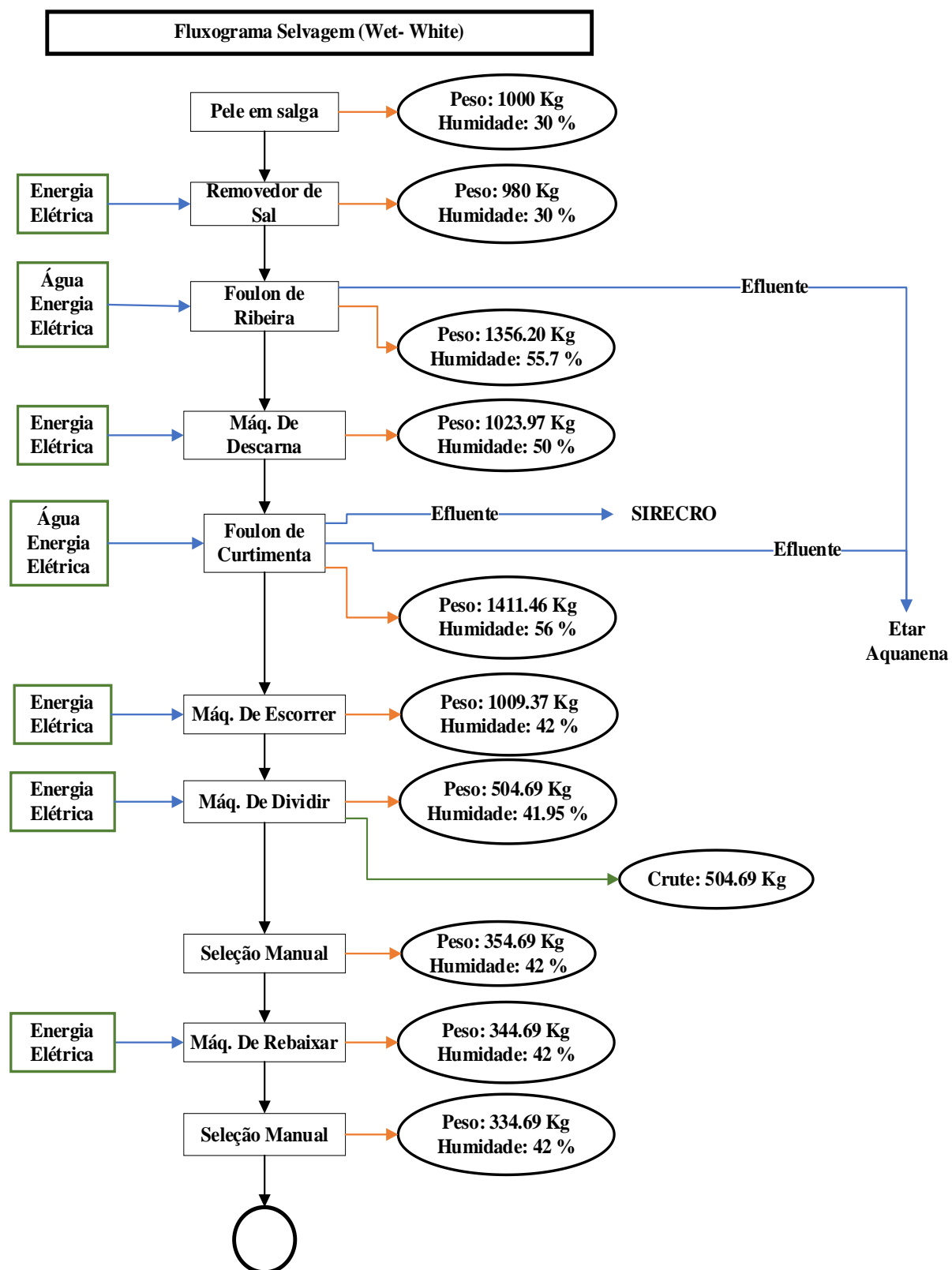


Figura 4.6 Fluxograma de artigo Selvagem (1 de 2)

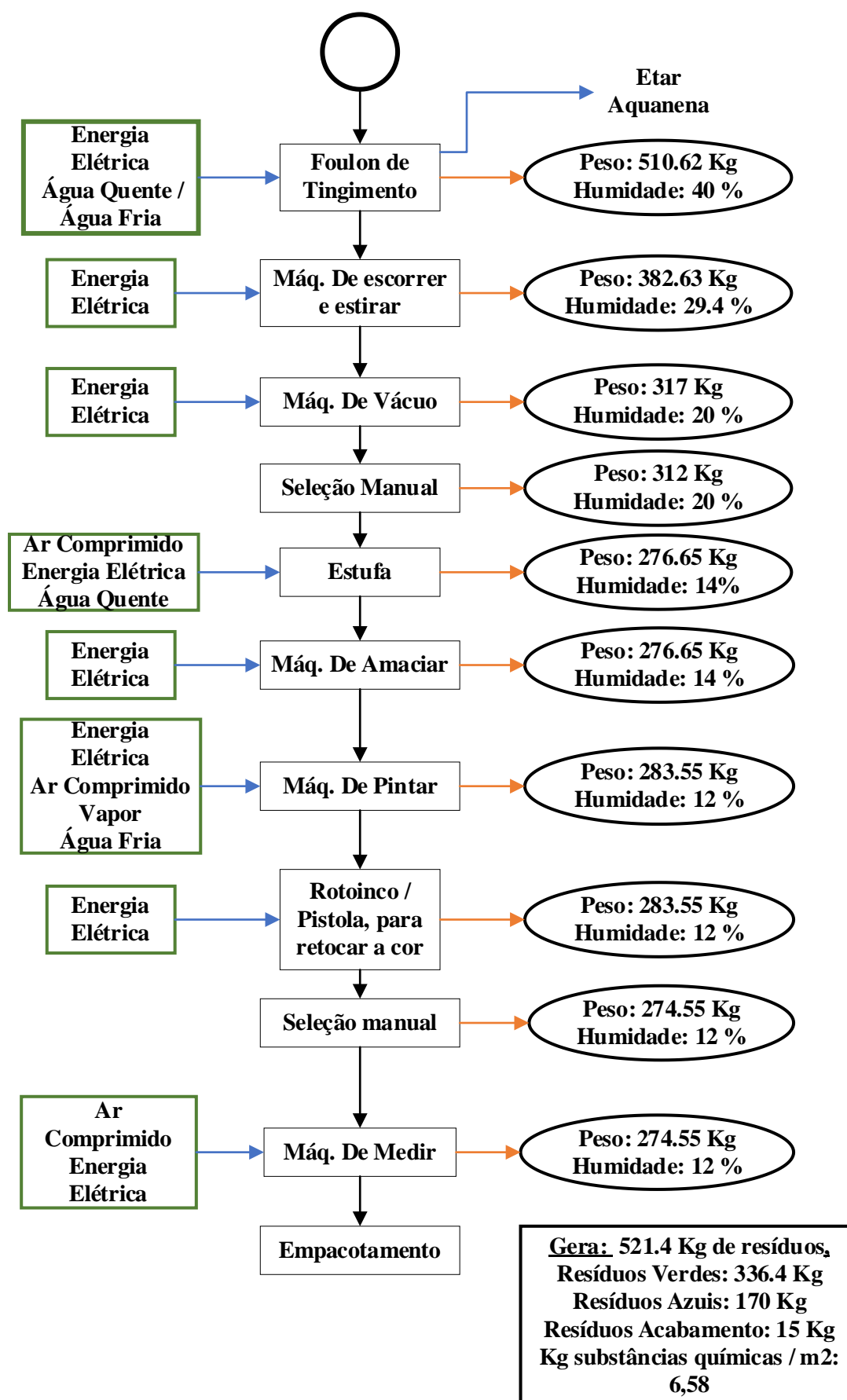


Figura 4.6 Fluxograma do artigo Selvagem (2 de 2)

Tabela 4.3 Balanço mássico, artigo Selvagem (1 de 6)

Balanços mássicos– Selvagem (Wet - White)

Entrada da fábrica														
Entrada					Saída									
Peso	1000,00			Kg			1000,00	Kg						
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			686,00	Kg			70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			294,00	Kg			30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg						
Outros	2,0%		20,00	Kg			20,00	Kg						
Etar			0,00	L			0,00	L						
Aterro			0,00	Kg			0,00	Kg						
Área			120,00	m2	120	m2	120,00	m2						
Área			1291,68	pés			1291,68	pés						
Tudo o que entra = ao que sai														
Total			1000,00	Kg			1000,00	Kg	Total					
Removedor de Sal														
Entrada					Saída									
Peso			1000,00	Kg			980,00	Kg						
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			686,00	Kg			70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			294,00	Kg			30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg						
Outros	2,0%		20,00	Kg			0,00	Kg						
Etar			0,00	L			0,00	L						
Aterro			0,00	Kg			20	Kg			0,00	Kg		
Área			120,00	m2			120,00	m2						
Área			1291,68	pés			1291,68	pés						
Tudo o que entra = ao que sai														
Total			1000,00	Kg			Total		1000,00	Kg				
Antes de Entrar para o foulon														
Entrada					Saída									
Peso			980,00	Kg			840,00	Kg						
Pele	70,0%	%	686,00	Kg			588,00	Kg			70,0%	%		
Humidade	30,0%	%	294,00	Kg			252,00	Kg			30,0%	%		
Químicos			0,00	Kg			0,00	Kg						
Outros			0,00	Kg			0,00	Kg						
Etar			0,00	L			0,00	L						
Pele			0,00	Kg			140	Kg			98,00	Kg		
Água			0,00				42,00	Kg						
Área			120,00	m2	1,8	m2	118,20	m2						
Área			1291,68	pés			1272,30	pés						
Tudo o que entra = ao que sai														
Total			980,00	Kg			Total		980,00	Kg				
Foulon de Ribeira														
Entrada					Saída									
Peso			840,00	Kg			1356,20	Kg						
Pele	70,0%	%	588,00	Kg			8,40	Kg			579,60	Kg	42,7	%
Humidade	30,0%	%	252,00	Kg							756,00	Kg	55,7	%
Químicos			79,21	Kg			58,62	Kg			20,60	Kg	1,5	%
Outros	sal (20%)		0,00	Kg			168	Kg			0,00	Kg		
	cabelo (11%)						92,4	Kg						
Água			4032,00	L			504,00	L			3528,00	L		
Aterro			0,00	Kg				Kg						
Área			118,20	m2			118,20	m2						
Área			1272,30	pés			1272,30	pés						
Tudo o que entra = ao que sai														
Total			4951,21	Kg			Total		4951,21	Kg				



Tabela 4.3 - Balanço mássico, artigo Selvagem (2 de 6)

Máquina de Descarna										
Entrada					Saída					
Peso			1356,20	Kg		1023,97	Kg			
Pele	42,7	%	579,60	Kg		504,21	Kg	50	%	
Humidade	55,7	%	756,00	Kg		504,21	Kg	50	%	
Químicos	1,5	%	20,60	Kg	5,05	Kg	15,55	Kg		
Etar				L	251,79	L		L		
Pele	carnaça (21%)				176,4	Kg	75,39	Kg		
Água			0,00	Kg			98,33	Kg		
Área			118,20	m2			118,20	m2		
Área			1272,30	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			1356,20	Kg	Total			1356,20	Kg	
Foulon de Curtimenta										
Entrada					Saída					
Peso			1023,97	Kg		1411,46	Kg			
Pele	50	%	504,21	Kg		504,21	Kg	36	%	
Humidade	50	%	504,21	Kg		792,97	Kg	56	%	
Químicos		0	317,94	Kg	203,67	Kg	114,28	Kg	8	%
Água			4812,68	L	288,76	L	4523,92	L		
Aterro				Kg				Kg		
Área			118,20	m2			118,20	m2		
Área			1272,30	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			6139,05		Total			6139,05	Kg	
Máq escorrer										
Entrada					Saída					
Peso			1411,46	Kg		1009,37	Kg			
Pele	36	%	504,21	Kg		504,21	Kg	50,0	%	
Humidade	56	%	792,97	Kg		423,44	Kg	42,0	%	
Químicos	8	%	114,28	Kg	32,55	Kg	81,72	Kg	8	%
Etar				L	369,53	L		L		
Crute						0,00	Kg			
						0,00	Kg			
Área			118,20	m2			118,20	m2		
Área			1272,30	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			1411,46	Kg	Total			1411,46	Kg	
Máq dividir										
Entrada					Saída					
Peso			1009,37	Kg		504,69	Kg			
Pele	50,0	%	504,21	Kg		252,11	Kg	50,0	%	
Humidade	42,0	%	423,44	Kg		211,72	Kg	42,0	%	
Químicos	8,1	%	81,72	Kg		40,86	Kg	8,1	%	
Etar							L			
Crute					504,6855	Kg	252,11	Kg		
							211,72	Kg		
							40,86	Kg		
Área			118,20	m2			118,20	m2		
Área			1272,30	pés			1272,30	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			1009,37	Kg	Total			1009,37	Kg	

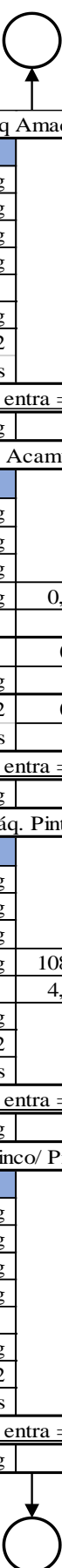
Tabela 4.3 - Balanço mássico, artigo Selvagem (3 de 6)

Seleção manual										
Entrada					Saída					
Peso			504,69	Kg			354,69	Kg		
Pele	50,0	%	252,11	Kg			177,18	Kg	50,0	%
Humidade	42,0	%	211,72	Kg			148,79	Kg	42,0	%
Químicos	8,1	%	40,86	Kg			12,14	Kg	28,72	Kg
Etar				L				L		
Pele					150	Kg	74,93	Kg		
Água			Kg			62,93	Kg			
Área				118,20	m2	0,75	m2	117,45		
Área		1272,30	pés			1264,23	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			504,69	Kg			Total		504,69	Kg
Máq de Rebaixar										
Entrada					Saída					
Peso			354,69	Kg			344,69	Kg		
Pele	50,0	%	177,18	Kg			172,18	Kg	50,0	%
Humidade	42,0	%	148,79	Kg			144,60	Kg	42,0	%
Químicos	8,1	%	28,72	Kg			0,81	Kg	27,91	Kg
Etar				L				L		
Pele					10	Kg	5,00	Kg		
Água			Kg			4,20	Kg			
Área				117,45	m2	0,4	m2	117,05		
Área		1264,23	pés			1264,23	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			354,69	Kg			Total		354,69	Kg
Seleção Manual										
Entrada					Saída					
Peso			344,69	Kg			334,69	Kg		
Pele	50,0	%	172,18	Kg			167,19	Kg	50,0	%
Humidade	42,0	%	144,60	Kg			140,40	Kg	42,0	%
Químicos	8,1	%	27,91	Kg			27,10	Kg	8,1	%
Etar				L				L		
Pele					10	Kg	5,00	Kg		
Água						4,20	Kg			
Químicos						0,81	Kg			
Área		117,05	m2	0,8	m2	116,25	m2			
Área		1264,23	pés			1255,59	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			344,69	Kg			Total		344,69	Kg
Foulon de Tingimento										
Entrada					Saída					
Peso			334,69	Kg			510,62	Kg		
Pele	50,0	%	167,19	Kg			167,19	Kg	32,7	%
Humidade	42,0	%	140,40	Kg			205,83	Kg	40,3	%
Químicos			236,79	Kg			99,19	Kg	137,60	Kg
Etar			3848,88	L	65,43	Kg	3783,45	L		
Aterro				Kg				Kg		
Área		116,25	m2			116,25	m2			
Área		1255,59	pés			1255,59	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			4393,26	Kg			Total		4393,26	Kg

Tabela 4.3 - Balanço mássico, artigo Selvagem (4 de 6)


Máq escorrer e estirar										
Entrada							Saída			
Peso			510,62	Kg			382,63	Kg		
Pele	32,7	%	167,19	Kg			167,19	Kg	43,7	%
Humidade	40,3	%	205,83	Kg			112,34	Kg	29,4	%
Químicos	26,9	%	137,60	Kg			34,49	Kg	103,11	Kg
Etar				L	93,50	L		L		
Aterro				Kg			Kg			
Área			116,25	m2		116,25	m2			
Área			1255,59	pés		1255,59	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			510,62	Kg			Total		510,62	Kg
Máquina de Vácuo										
Entrada							Saída			
Peso			382,63	Kg			317,90	Kg		
Pele	43,7	%	167,19	Kg			167,19	Kg	53	%
Humidade	29,4	%	112,34	Kg			65,05	Kg	20	%
Químicos	26,9	%	103,11	Kg			17,44	Kg	85,66	Kg
Etar				L	47,29	Kg		L		
Aterro				Kg			Kg			
Área			116,25	m2		116,25	m2			
Área			1255,59	pés		1255,59	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			382,63	Kg			Total		382,63	Kg
Seleção manual										
Entrada							Saída			
Peso			317,90	Kg			312,90	Kg		
Pele	53	%	167,19	Kg			164,56	Kg	53	%
Humidade	20	%	65,05	Kg			64,02	Kg	20	%
Químicos	27	%	85,66	Kg			84,32	Kg	27	%
Etar				L				L		
Pele					5	Kg	2,63	Kg		
Água				Kg			1,02	Kg		
Químicos							1,35	Kg		
Área			116,25	m2	0,7	m2	115,55	m2		
Área			1255,59	pés			1248,03	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			317,90	Kg			Total		317,90	Kg
Estufa										
Entrada							Saída			
Peso			312,90	Kg			276,65	Kg		
Pele	53	%	164,56	Kg			164,56	Kg	59	%
Humidade	20	%	64,02	Kg			37,55	Kg	14	%
Químicos	27	%	84,32	Kg			9,77	Kg	74,55	Kg
Etar				L	26,48	Kg		L		
Aterro				Kg			Kg			
Área			115,55	m2		115,55	m2			
Área			1248,03	pés		1248,03	pés			
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			312,90	Kg			Total		312,90	Kg

Tabela 4.3 - Balanço mássico, artigo Selvagem (5 de 6)



Máq Amaciar									
Entrada					Saída				
Peso			276,65	Kg			276,65	Kg	
Pele	59	%	164,56	Kg			164,56	Kg	59 %
Humidade	14	%	37,55	Kg			37,55	Kg	14 %
Químicos	27	%	74,55	Kg			74,55	Kg	27 %
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1248,03	pés			1248,03	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			276,65	Kg		Total		276,65	Kg
Máq. Acamurçar									
Entrada					Saída				
Peso			276,65	Kg			276,65	Kg	
Pele	59	%	164,56	Kg			164,56	Kg	59 %
Humidade	14	%	37,55	Kg			37,55	Kg	14 %
Químicos	27	%	74,55	Kg	0,00	Kg	74,55	Kg	27 %
Etar				L				L	
Pele					0	Kg	0,00	Kg	
Água				Kg			0,00	Kg	
Área			115,55	m2	0	m2	115,55	m2	
Área			1248,03	pés			1248,03	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			276,65	Kg		Total		276,65	Kg
Máq. Pintar									
Entrada					Saída				
Peso			276,65	Kg			285,52	Kg	
Pele	59	%	164,56	Kg			164,56	Kg	58 %
Humidade	14	%	37,55	Kg			33,20	Kg	12 %
Químicos	27	%	196,37	Kg	108,60	Kg	87,77	Kg	31 %
Etar				L	4,35	Kg		L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1248,03	pés			1248,03	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			398,47	Kg		Total		398,47	Kg
Rotoínco/ Pistola									
Entrada					Saída				
Peso			285,52	Kg			285,52	Kg	
Pele	58	%	164,56	Kg			164,56	Kg	58 %
Humidade	12	%	33,20	Kg			33,20	Kg	12 %
Químicos	31	%	87,77	Kg			87,77	Kg	31 %
Etar				L				L	
Aterro				Kg				Kg	
Área			115,55	m2			115,55	m2	
Área			1248,03	pés			1248,03	pés	
Tudo o que entra = ao que sai									
Total			285,52	Kg		Total		285,52	Kg

Tabela 4.3 - Balanço mássico, artigo Selvagem (6 de 6)



Seleção manual										
Entrada							Saída			
Peso			285,52	Kg			276,69	Kg		
Pele	58	%	164,56	Kg			158,79	Kg	57	%
Humidade	12	%	33,20	Kg			33,20	Kg	12	%
Químicos	31	%	87,77	Kg			84,69	Kg	31	%
Etar				L				L		
Pele				10			Kg	5,76	Kg	
Água							1,20	Kg		
Quimicos							3,07	Kg		
Área			115,55	m2			0,75	m2	114,80	m2
Área			1248,03	pés			1239,93	pés		
Tudo o que entra = ao que sai										
Total			285,52	Kg			Total	285,52	Kg	
Máq. Medir										
Entrada							Saída			
Peso			276,69	Kg			276,69	Kg		
Pele	57	%	158,79	Kg			158,79	Kg	57	%
Humidade	12	%	33,20	Kg			33,20	Kg	12	%
Químicos	31		84,69	Kg			84,69	Kg	31	%
Etar				L				L		
Aterro				Kg				Kg		
Área		114,80	m2	114,80			m2			
Área			1239,93	pés					1239,93	pés
Total			276,69	Kg					Total	276,69
Fim										

Os resultados dos pesos e as quantidades de kg de substâncias químicas/m² finais dos artigos, diferem entre eles, sendo que o artigo em *Wet-White* apresenta um maior peso final e também uma maior quantidade de kg de substâncias químicas/m² de pele acabada.

Os resultados dos balanços energéticos, em kgCO₂eq encontra-se identificados na Tabela 4.4

Tabela 4.4 Resultados dos Balanços energéticos

	kgCO ₂ eq
Ar comprimido	6,270
Caldeira de Vapor	197,130
Caldeira pequena	9,646
Bomba do furo	0,005
Bomba da caldeira de vapor	0,235
Bomba caldeira pequena	0,118
Bomba depósito 1	0,118
Bomba Depósito 2	0,118
Bomba Depósito 3	0,118
As águas estão no intervalo de	0,1175 e 18,512

De modo a agregar todos os resultados obtidos nos cálculos efetuados, foi elaborada a Tabela 4.5, na qual se encontram os resultados globais dos artigos de pele em estudo.

Tabela 4.5 Tabela de Inventário dos artigos em estudo

Entrada			
	Nobuck	Camurça	Selvagem
Pele em Salga (kg)	1000	1000	1000
Substâncias químicas (kg)	451,50	485,10	755,7
Água do processo (m ³)	10,82	10,62	12,75
Energia elétrica (kWh)	1420,61	1457,89	894,76
Gás Natural (kg)	768,62	767,46	765,14
Saída			
Pele acabada (kg)	214,40	203,52	276,69
Substâncias químicas (kg)	353,55	395,73	582,33
Efluente (m ³)	10,78	10,58	12,63
Resíduos Gerados (kg)	523,4	523,4	521,4

4.3. Apresentação dos resultados e comparação com a literatura

Os resultados apresentados foram calculados com recurso à ferramenta formulada, com base nos fluxogramas dos vários artigos. A Figura 4.7 apresenta os resultados dos valores da pegada de carbono finais dos três artigos e comparam-se os resultados obtidos pelas métricas do BAT [12] e pelos dados fornecidos pela empresa. Os três artigos de pele estão divididos pelas métricas do documento BAT [12] a azul e dos dados fornecidos pela empresa que estão representados a laranja.

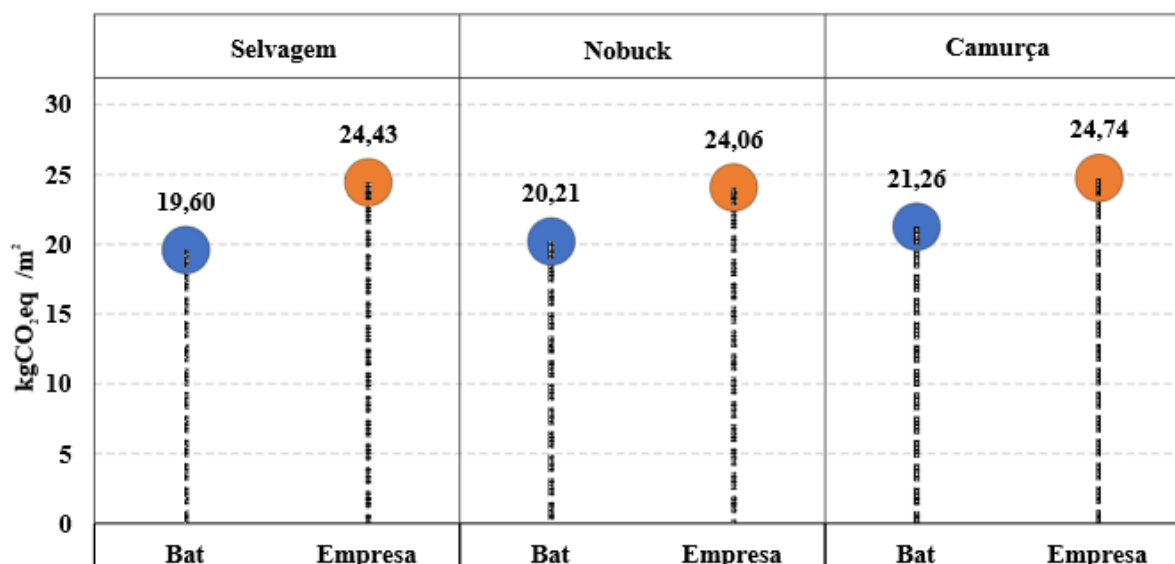


Figura 4.7 Resultados do presente estudo

Verifica-se na Figura 4.7 que os maiores valores de pegada de carbono finais são obtidos com os dados da empresa, onde as principais diferenças, em relação às métricas propostas pelo documento BAT

[12], são o peso dos resíduos gerados. A discrepância dos valores obtidos está relacionada com as quantidades de substâncias químicas e águas utilizadas no processo, que tem uma relação intrínseca com o peso da matéria-prima, ou seja, quanto maior o peso do artigo, maior a quantidade de substâncias químicas e de água utilizadas. Conclui-se que os valores da pegada de carbono dos três artigos não apresentam variações significativas entre eles, dentro do mesmo tipo de métricas.

Como referenciado nos objetivos da presente dissertação, um deles era a identificação da fase do processo de produção que mais contribuía para o valor da pegada de carbono final. A Figura 4.8, retrata a contribuição das várias fases do processo de produção dos artigos para os valores pegada de carbono finais.

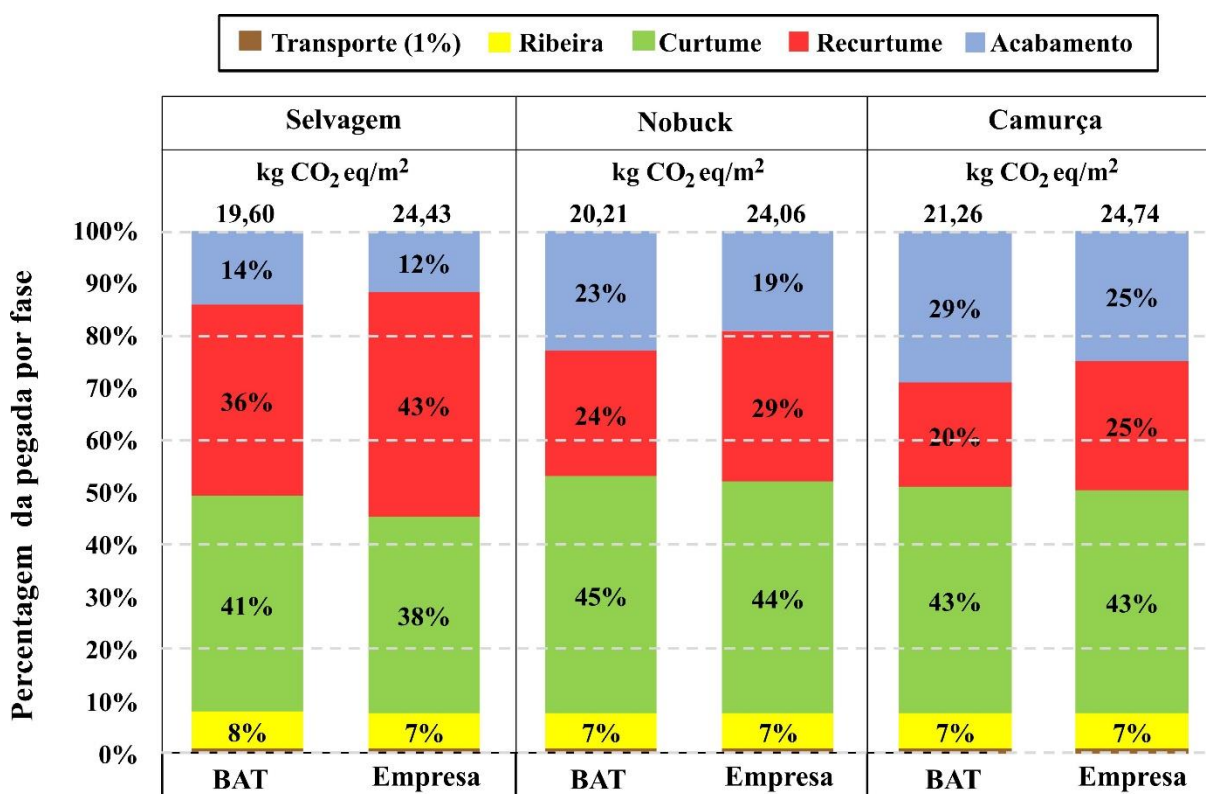


Figura 4.8 Representação do impacto de pegada de carbono por fase

Após a análise da Figura 4.8, conclui-se que há três fases onde as contribuições para os valores da pegada de carbono finais são mais significativas.

A fase de Curtume, com exceção ao artigo Selvagem, com as métricas dos dados da empresa, é a fase que tem maior contribuição para os valores da pegada de carbono finais, seguindo-se da fase de Recurtume, com exceção ao artigo Selvagem, com as métricas dos dados da empresa e o artigo Camurça pelas métricas do documento BAT [12]. Por último verifica-se que a fase de Acabamentos, com exceção ao artigo Camurça, com as métricas do BAT [12] é a fase que tem impacto nos valores da pegada de carbono finais.

Apura-se também que a Ribeira é praticamente igual para todos os artigos, uma vez que esta fase é uniforme no processo de produção dos três artigos de estudo.

Posteriormente, desagregou-se os três artigos pelas diferentes métricas. A Figura 4.9, apresenta os valores da pegada de carbono das diferentes fases do processo de produção dos três artigos, seguindo as métricas propostas pelo documento BAT [12].

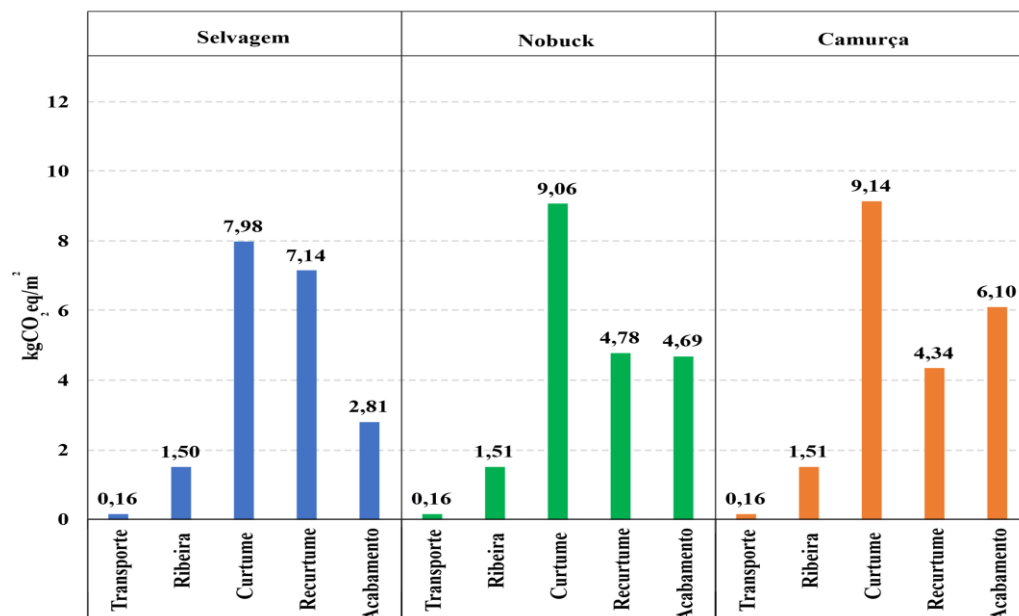


Figura 4.9 Representação dos resultados em kgCO₂eq/m² dos três artigos, referentes ao BAT [12]

Conclui-se que a fase de Curtume, está acima do valor 7,90 kgCO₂eq/m² em todos os artigos. A fase de Recurtume é a segunda fase que apresenta os valores mais altos, com exceção do artigo Camurça, que difere dos outros artigos é a fase de Acabamento que apresenta maior valor.

A Figura 4.10 apresenta os resultados seguindo as métricas fornecidas pela empresa.

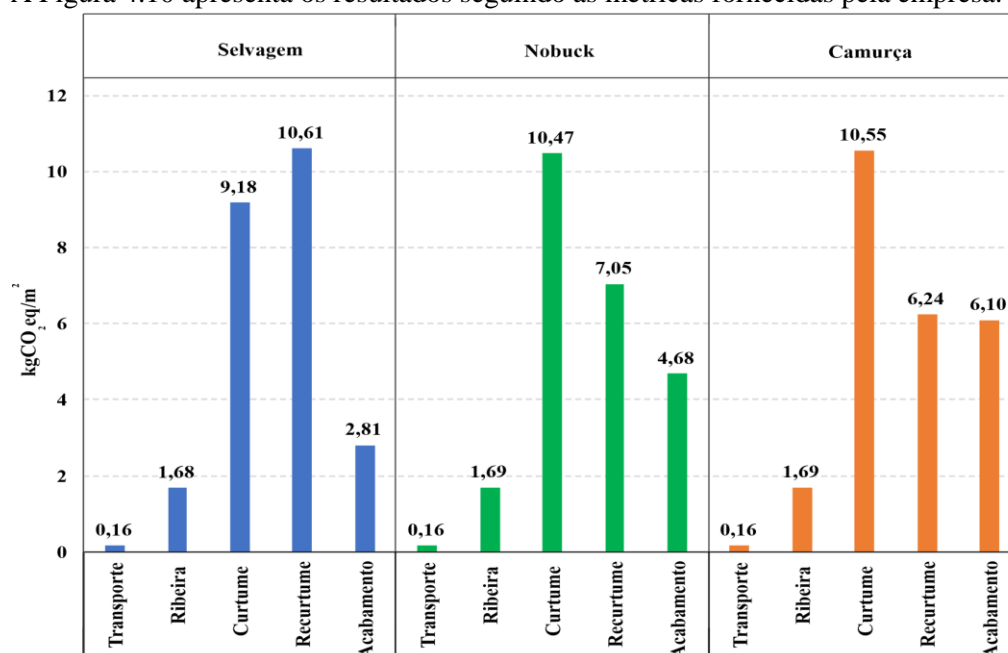


Figura 4.10 Representação dos resultados em kgCO₂eq/m² dos três artigos, referentes à Empresa

Após a comparação dos resultados da Figura 4.9, com a Figura 4.10, apura-se que os valores da pegada de carbono pelas diferentes fases, são maiores pelas métricas da empresa. Esta diferença justifica-se pelas quantidades de água e substâncias química utilizadas no processo de produção. Como as métricas da empresa em relação aos resíduos gerados não variam entre os 450 quilos e os 730 quilos, vão ser necessárias maiores quantidades de água e substâncias químicas no processo de produção, logo, estes vão ter maior contribuição para os valores da pegada de carbono, pelas diferentes fases.

De realçar que na fase de acabamento, os três artigos apresentam sempre o mesmo valor, no qual a introdução de água e substâncias químicas estão relacionadas com a área dos artigos. Como nesta fase todos artigos apresentam a mesma área, o fator do peso não vai influenciar as quantidades de água ou substâncias químicas aplicadas.

De modo a verificar quais os fatores que mais contribuem para os valores da pegada de carbono por fase, estudou-se os artigos individualmente. A Figura 4.11 apresenta os resultados seguindo as métricas do BAT [12] e a Figura 4.12 apresenta os resultados seguindo as métricas dos dados da empresa, para o artigo Selvagem.

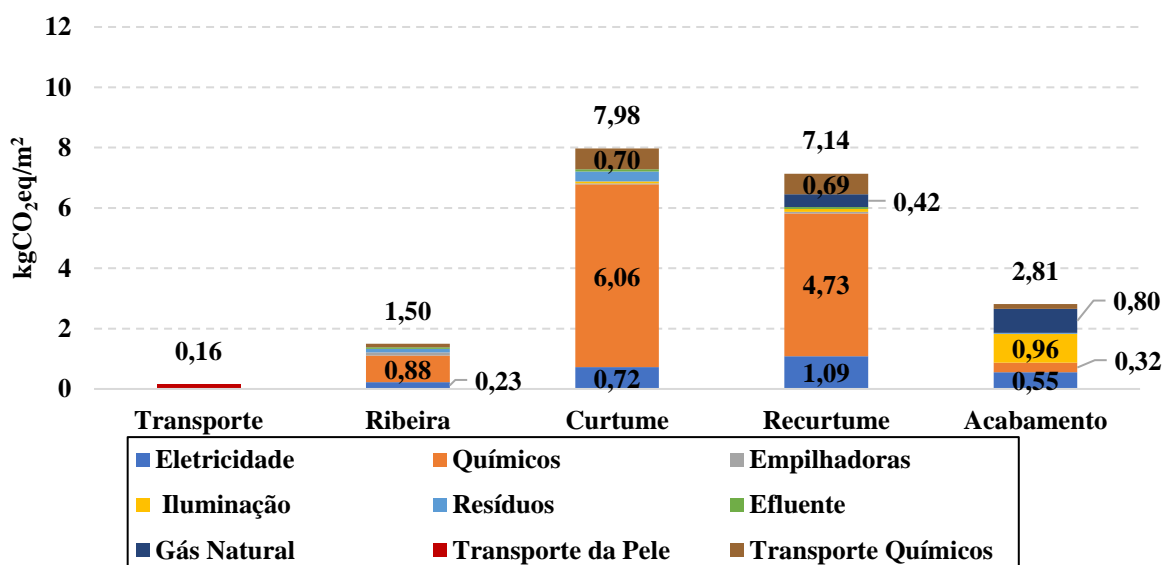


Figura 4.11 Várias fases do processo de produção do artigo Selvagem, por kgCO₂eq/m², BAT [12]

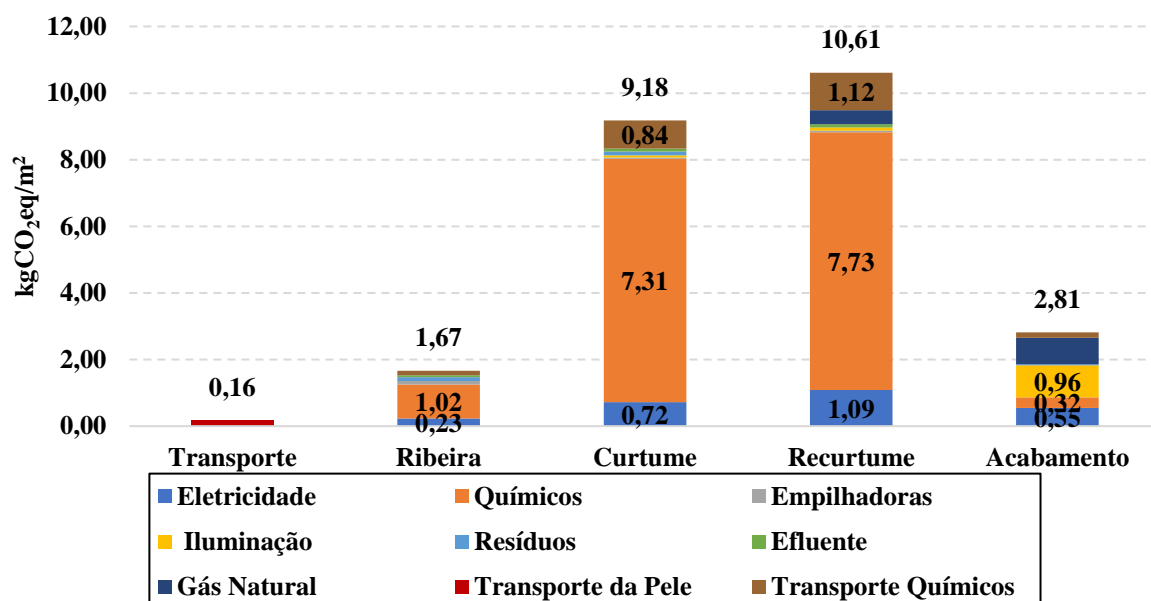


Figura 4.12 Várias fases do processo de produção do artigo Selvagem, por kgCO₂eq/m², da empresa

Verifica-se na Figura 4.11 e Figura 4.12, que as substâncias químicas são o fator que mais contribui para os valores da pegada de carbono. Na fase de acabamentos os fatores que têm maior contribuição para o valor da pegada de carbono é a iluminação, o gás natural, na produção de vapor e a eletricidade necessária para o funcionamento das máquinas.

Procede-se do mesmo método para o artigo Nobuck, a Figura 4.13 representa os valores da pegada de carbono por fases, seguindo as métricas do documento BAT [12] e a Figura 4.14, as métricas dos dados fornecidos pela empresa.

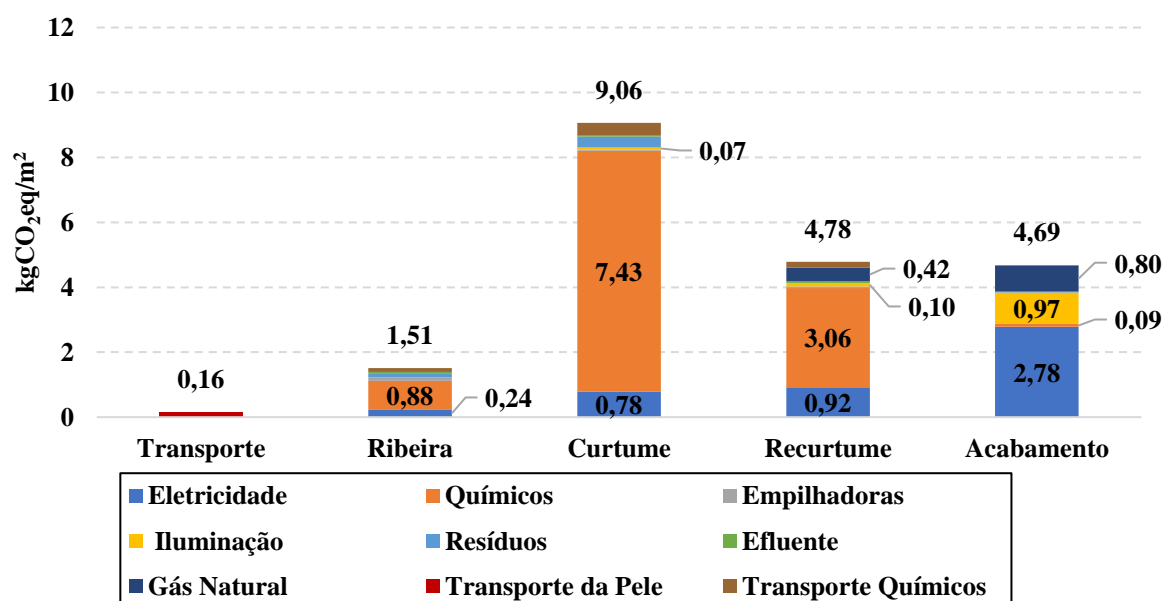


Figura 4.63 Várias fases do processo de produção do artigo Nobuck, por kgCO₂eq/m², pelo BAT [12]

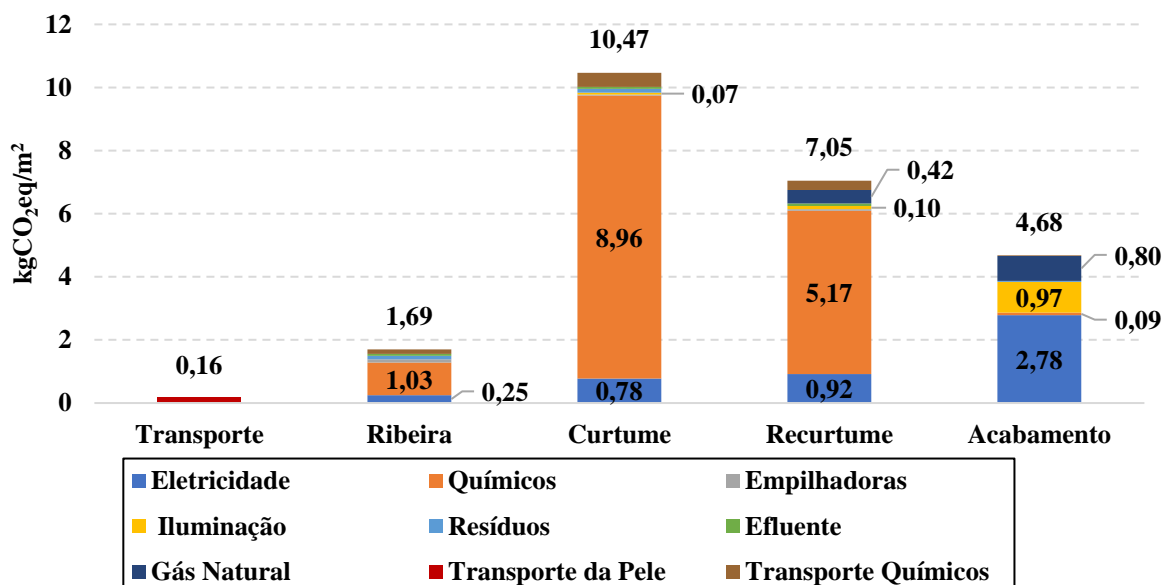


Figura 4.74 Várias fases do processo de produção do artigo Nobuck, por kgCO₂eq/m², pela empresa

Através da comparação da Figura 4.13 e Figura 4.14, as substâncias químicas são o fator que maior contribuição tem para os valores da pegada de carbono, nas fases de Ribeira, Curtume e Recurtume. Na fase de acabamentos a eletricidade para a alimentação das máquinas é a que tem maior impacto no valor da pegada de carbono desta fase, seguindo-se da iluminação e o gás natural, transformado em vapor.

A Figura 4.15 e a Figura 4.16, apresentam os valores de pegada de carbono por fases, para o artigo Camurça. A Figura 4.15 apresenta os resultados seguindo as métricas propostas pelo documento BAT [12] e a Figura 4.16 apresenta os resultados seguindo as métricas dos dados fornecidos pela empresa.

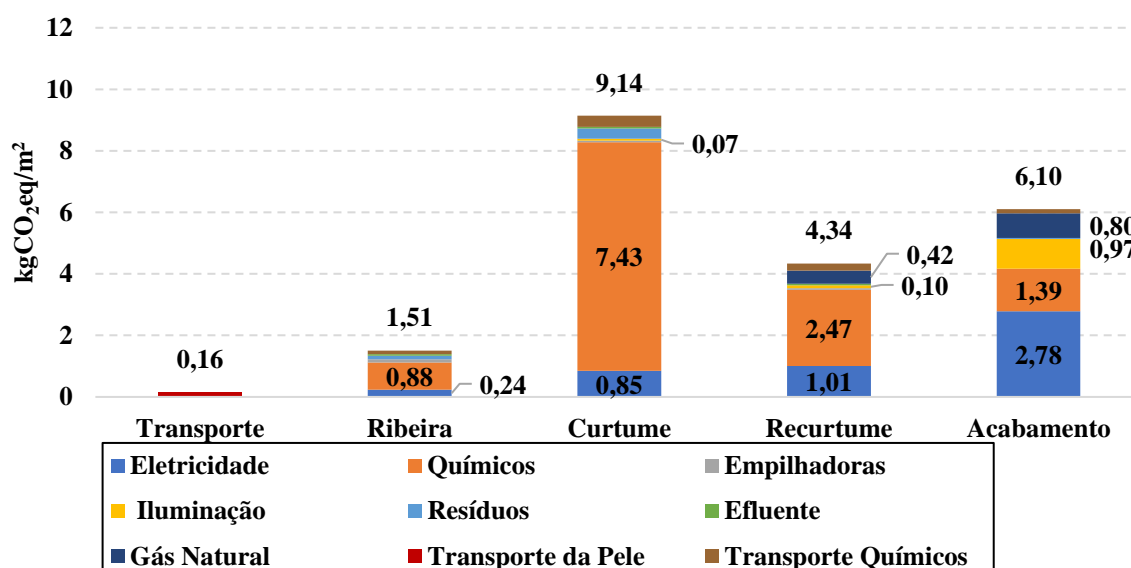


Figura 4.85 Várias fases do processo de produção do artigo Camurça, por kgCO₂eq/m², pelo BAT [12]

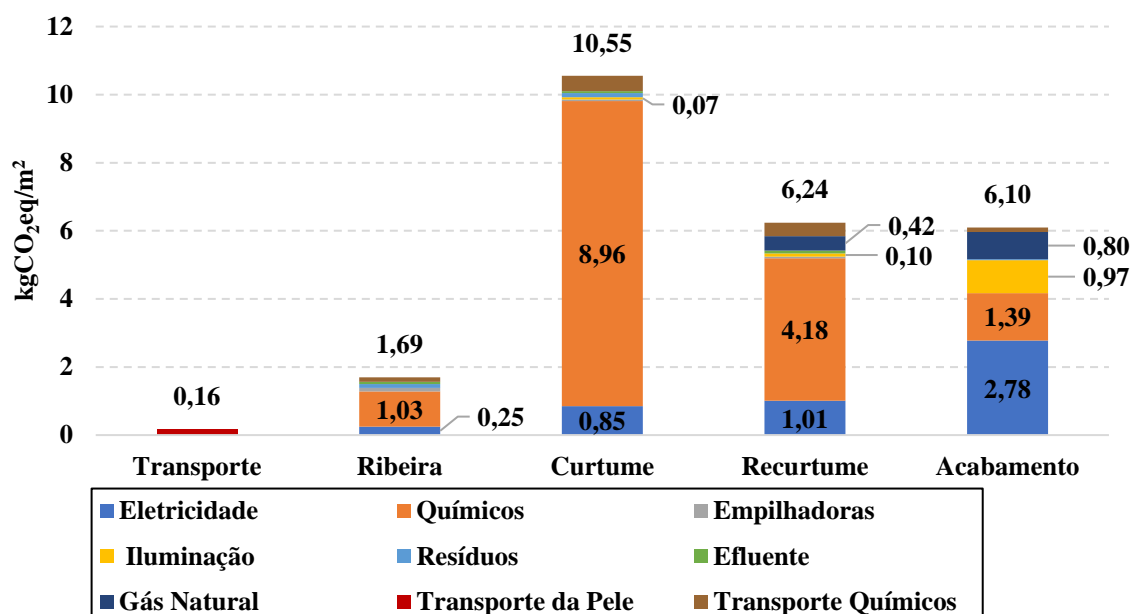


Figura 4.96 Várias fases do processo de produção do artigo Camurça, por kgCO₂eq/m², pela empresa

Constata-se tanto na Figura 4.15 e Figura 4.16, que as substâncias químicas são o fator com maior contribuição para o valor da pegada de carbono nas fases de Ribeira, Curtume e Recurtume. Na fase de Acabamentos a eletricidade que fornece as máquinas é fator que tem maior contribuição, seguindo-se do fator das substâncias químicas e da iluminação.

Conclui-se, que para todos os artigos o fator com maior impacto para os valores da pegada de carbono nas fases de Ribeira, Curtume e Recurtume, são as substâncias químicas utilizadas nos processos de produção dos artigos. Na fase de Acabamentos, os artigos em *Wet-Blue* o fator que tem maior impacto nos valores da pegada de carbono é a eletricidade que alimenta as máquinas nesta fase. No artigo *Wet-White* verifica-se que a iluminação e o gás natural que é transformado em vapor para se utilizar nas estufas presentes nas máquinas de pintar, são os grandes fatores que contribuem para o valor da pegada de carbono.

De modo a obter uma melhor percepção das diferentes quantidades de água utilizada no processo por fase de produção dos artigos, elaborou-se uma comparação direta dos resultados pelas métricas do BAT [12] e pelos dados fornecidos pela empresa. Apresentada na Figura 4.17.

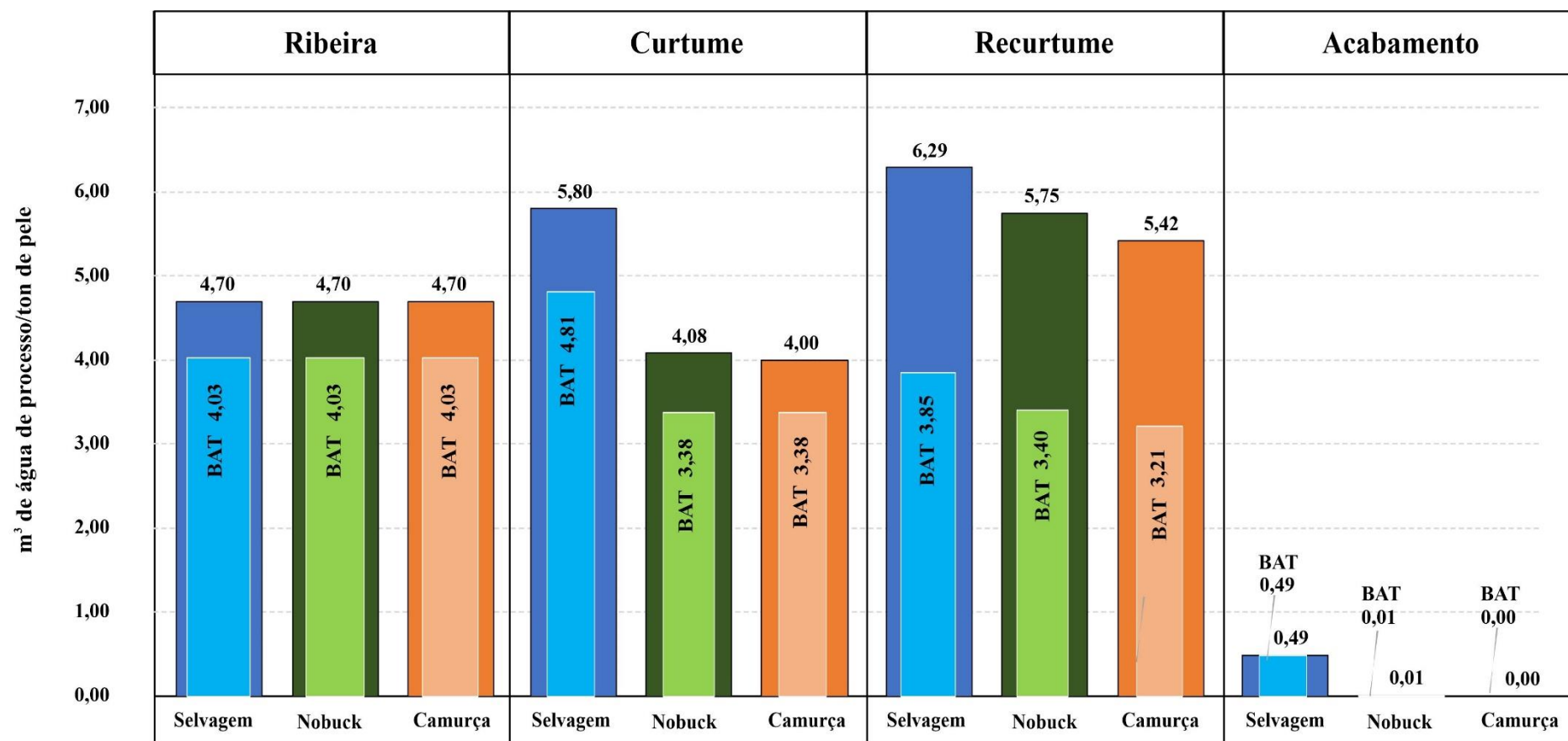


Figura 4.107 – Representação da água de processo, pelas métricas BAT e Empresa

Após a análise da Figura 4.17, conclui-se que as quantidades de água utilizadas na produção dos artigos por fases, variam muito entre eles. O artigo Selvagem apresenta as maiores quantidades de água utilizada no processo de produção por fase.

Da análise à Figura 4.17 também é possível observar as diferenças de água utilizada no processo por fase, pelas duas métricas em estudo. Em que os dados relativos à empresa as quantidades vão ser muito superiores, comparadas com as quantidades seguindo as métricas do BAT [12]. Esta discrepância deve-se ao facto das diferenças do peso da matéria-prima a ser processada, como referenciado anteriormente, quanto maior o peso da pele, maior vão ser as quantidades de água utilizada no processo.

Pelo mesmo método, comparam-se as quantidades de substâncias químicas utilizadas nas diferentes fases do processo de produção dos artigos em estudo.

A Figura 4.18, apresenta as quantidades de substâncias químicas utilizadas nos processos de produção dos artigos, que também se elabora uma comparação direta das duas métricas em estudo, BAT [12] e da empresa.

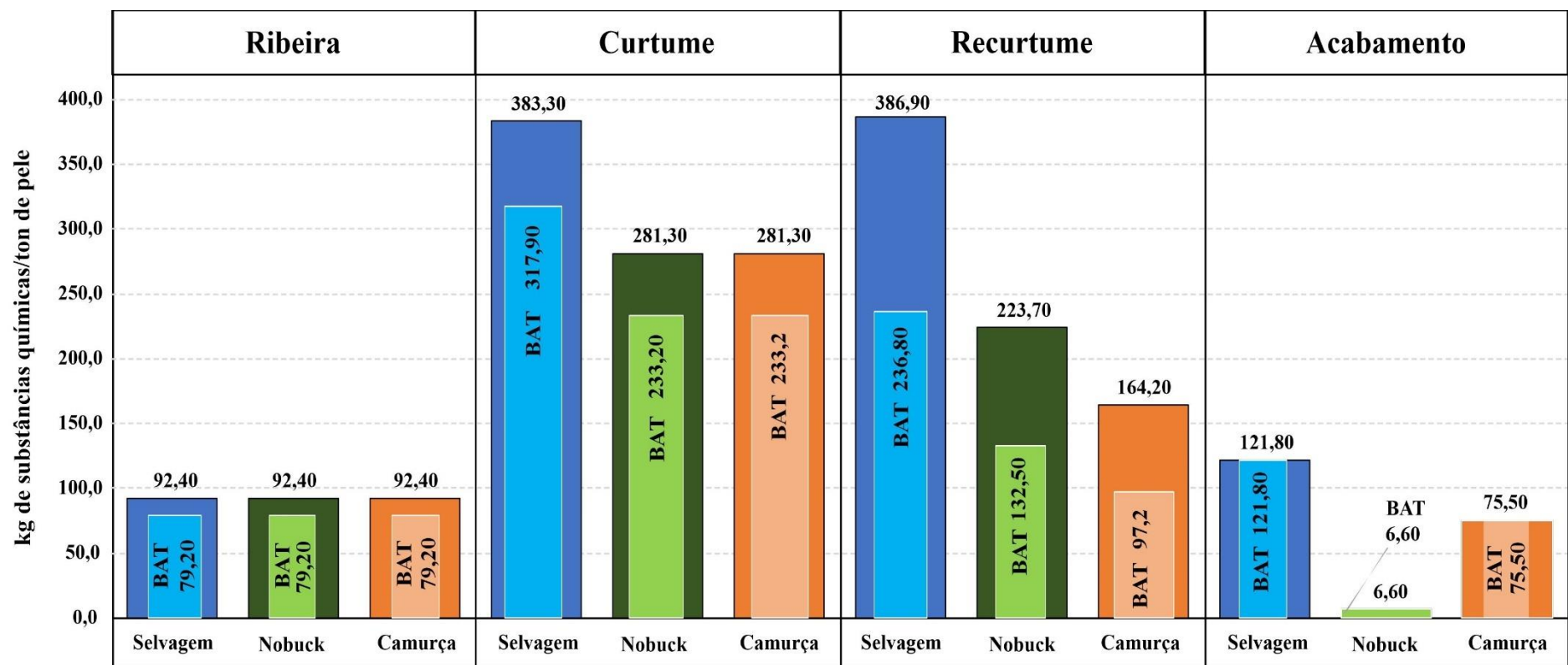


Figura 4.118 Representação das substâncias químicas utilizadas nos artigo, BAT [12] e Empresa

Pela análise da Figura 4.18, constata-se que o artigo Selvagem é o artigo que apresenta maiores quantidades de substâncias químicas utilizadas por fases. Como na Figura 4.17 que analisa as quantidades de água utilizada no processo, existe uma grande discrepância entre os valores por fase pelas duas diferentes métricas. Assim, conclui-se que o fator peso dos artigos, tem uma grande influência nas quantidades utilizadas na produção dos artigos.

Através dos cálculos efetuados na ferramenta, também foi possível comparar a energia elétrica necessária para produção dos artigos em estudo por fase. Utilizou-se o mesmo método anterior por comparação direta das métricas do documento BAT [12] e os dados da empresa. Apresentada na Figura 4.19.

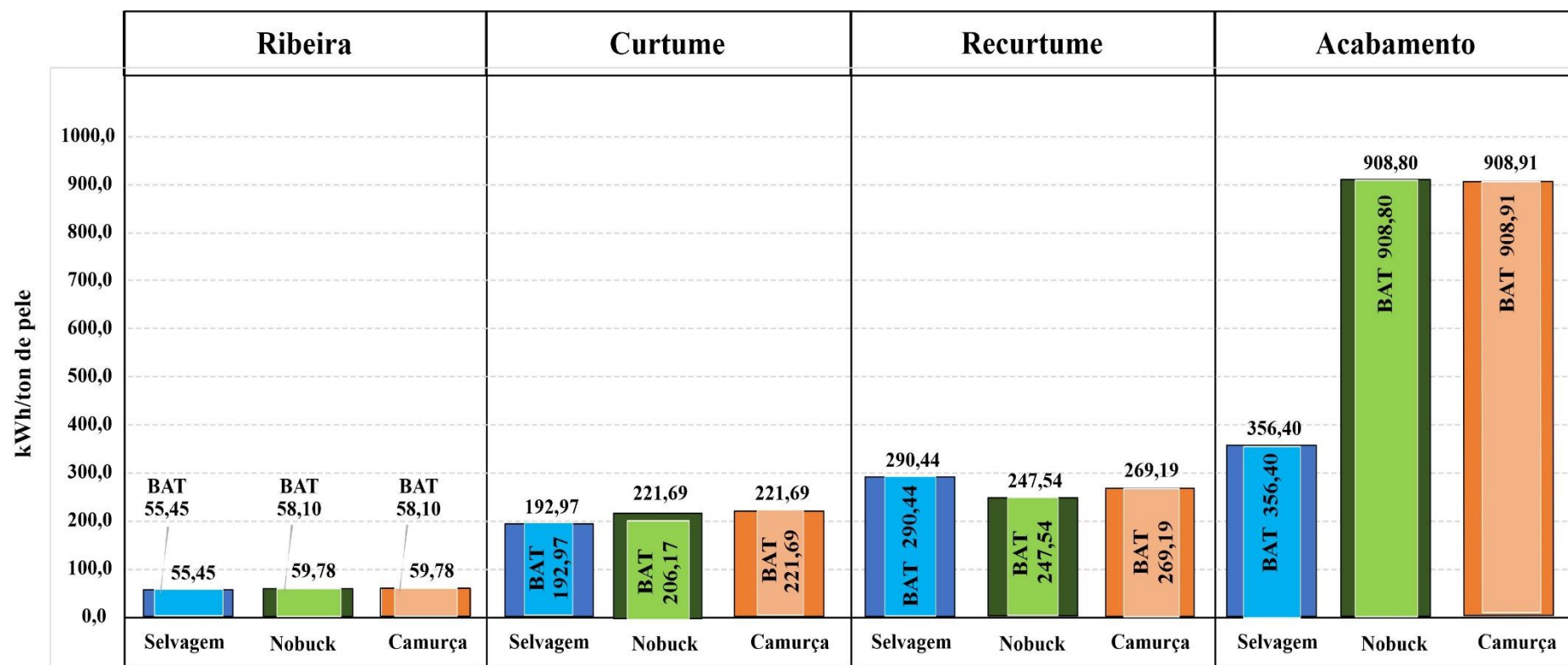


Figura 4.12 Representação da eletricidade utilizada no processo de produção dos artigos, BAT [12] e Empresa

Após a análise da Figura 4.19, conclui-se que os artigos em *Wet-Blue* não apresentam diferenças significativas nos consumos de energia elétrica. Em comparação com o artigo *Wet-White*, as diferenças de consumo de energia elétricas são muito significativas. Na fase de acabamentos registra-se uma maior discrepância. Esta justifica-se pelo método do processo de produção dos artigos, em que o artigo Selvagem, não passa pelas mesmas máquinas que os artigos Nobuck e Camurça.

Outra observação é o fator peso afetar pouco os valores de energia elétrica necessários para a produção dos artigos, por fase. Conclui-se que o tempo de operação das máquinas tem um impacto significativo no consumo da energia elétrica.

A Figura 4.20, apresenta as quantidades totais da água utilizada no processo de produção dos três artigos em estudo, no qual se elabora uma comparação direta dos resultados totais das duas métricas.

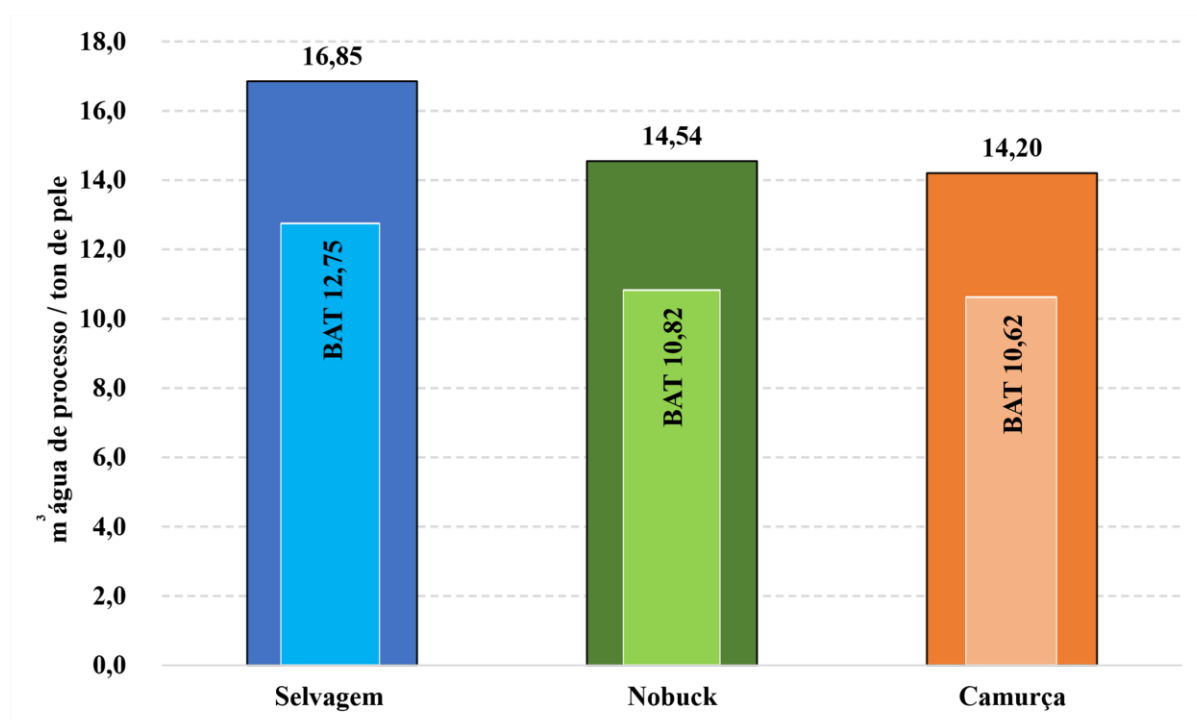


Figura 4.130 Total de água utilizada no processo de transformação dos três artigos, BAT [12] e Empresa

Pela Figura 4.20, conclui-se que existe uma grande desigualdade das quantidades totais de água utilizada na produção dos três artigos. O artigo Selvagem necessita de maior quantidade de água de processo de produção, comparado com os artigos Nobuck e Camurça.

Verifica-se que as quantidades de água utilizada no processo de produção, pelas métricas da empresa, apresentam valores muito superiores às quantidades de água pela métrica do BAT [12], como referenciado anteriormente, esta desigualdade tem por base o peso dos resíduos gerados no processo de produção dos artigos.

A Figura 4.21 apresenta as quantidades totais de substâncias químicas utilizadas no processo de produção dos artigos em estudo.

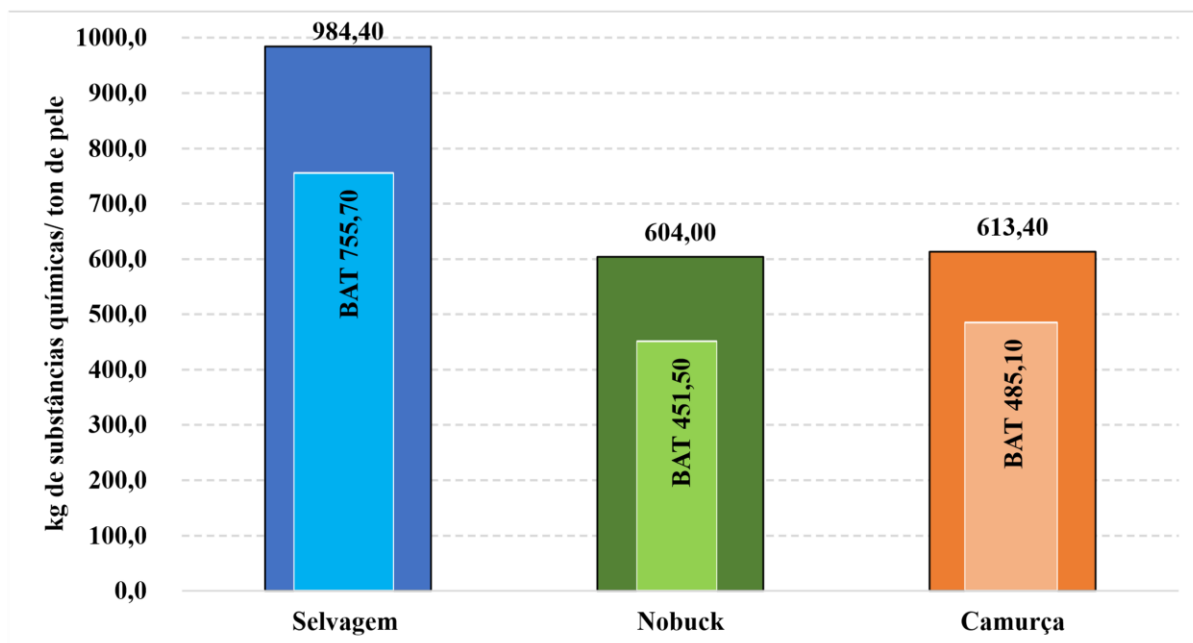


Figura 4.141 Total de substâncias químicas utilizados no processo dos três artigos, BAT [12] e Empresa

Verifica-se que as quantidades totais de substâncias químicas utilizadas na produção dos artigos, são diferentes, realçando as diferenças entre os artigos *Wet-White* e *Wet-Blue*. Pela análise da Figura 4.18, destacam-se as desigualdades dos valores pelas duas métricas, onde os valores da métrica da empresa são muito superiores, aos da métrica do BAT [12].

A Figura 4.22, apresenta as quantidades totais do consumo de energia elétrica utilizada na produção dos artigos em estudo.

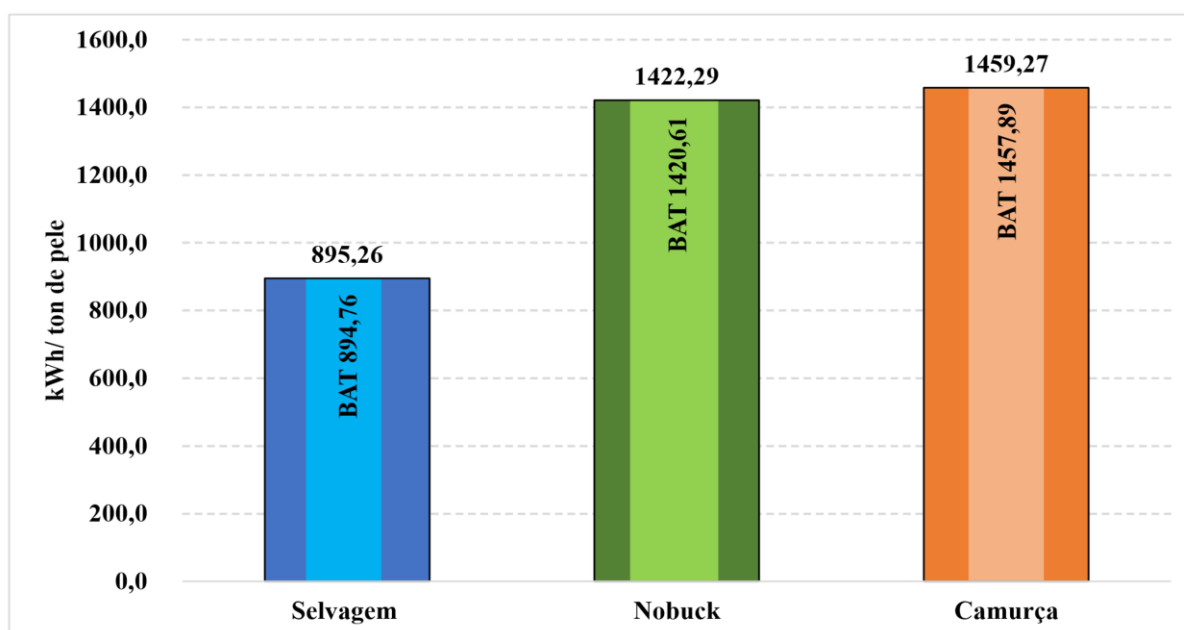


Figura 4.152 Total de eletricidade utilizada na produção dos três artigos, BAT [12] e Empresa

Pela Figura 4.22 verifica-se que o total da energia elétrica utilizada na produção dos três artigos apresenta grande diferenças entre os artigos *Wet-Blue* e *Wet-White*. O peso dos artigos não tem impacto direto nos consumos de energia elétrica, sendo que o fator mais relevante para os consumos é o tempo de operação das máquinas.

No processo de produção do couro, as unidades funcionais mais utilizadas na literatura, são: tonelada de pele em salga; m² de pele acabada; kg de pele acabada. Neste trabalho, tal como descrito na metodologia, a unidade funcional utilizada, 1 m² de pele acabada, para o cálculo da pegada. Normalmente na empresa, no cálculo dos balanços de massa, é utilizada como unidade funcional 1 tonelada de pele salgada. Este estudo também contempla esta métrica, para facilitar a utilização da interface na empresa. Considerou-se que 1 tonelada de pele salgada corresponde a 114 m² para os artigos Camurça e Nobuck e 114,80 m² para o artigo Selvagem.

A presente dissertação teve como valor de referência para o estudo da pegada de carbono 17 kgCO₂eq/m² de pele acabada, pela metodologia da Norma Europeia 16887:2017 [41]. Sendo que este valor alberga limites de estudo diferente, do presente estudo, como por exemplo, do ciclo de vida do produto e a incineração de resíduos com recuperação de calor. A Figura 4.23, permite avaliar os valores da pegada de carbono de todos os artigos, com as duas métricas propostas para o estudo.

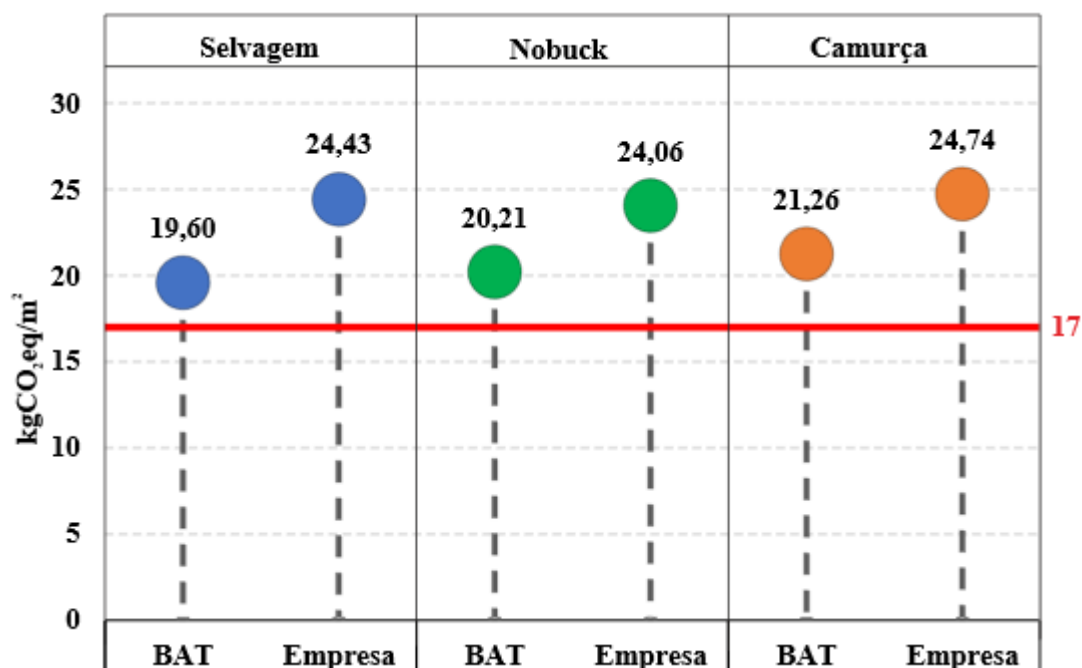


Figura 4.163 Comparação dos resultados obtidos com a Norma Europeia 16887:2017

Conclui-se que todos valores dos artigos de pele estão acima do limite de 17 kgCO₂eq/m². Realçando que os valores obtidos no estudo da pegada de carbono são o pior caso da empresa, onde as máquinas estão a trabalhar na máxima potência. Como toda a ferramenta está construída de uma forma dinâmica, esta permite que, quando for realizada a leitura do consumo específico real das máquinas e estes valores atualizados na ferramenta, os resultados da pegada de carbono terão um decréscimo.

Pela literatura, constam resultados da pegada de carbono realizados a nível mundial, sendo que as metodologias, métricas e limites de estudo variam de estudo para estudo.

O estudo do valor da pegada de carbono realizado em Espanha e Itália, de artigos de pele têm a mesma espessura, de 1,3mm. As peles em bruto no caso de estudo em Espanha têm 1140 kg e em Itália têm 1160 kg, deste modo os valores da pegada de carbono para a indústria em Espanha é de 1433 kgCO₂eq e da indústria em Itália é de 1660 kgCO₂eq. O estudo foi elaborado com recurso a LCA, com a metodologia de CML 2000 e um peso final de couro de 200 kg e 185,8 m² finais [59] . Para possível comparação entre os valores da literatura e da dissertação, converteram-se os valores da literatura para os m² finais dos artigos do presente estudo, apresentada na Tabela 4.6. Conclui-se que os valores da dissertação são mais altos do que os da literatura, com os mesmos m² de pele acabada.

Tabela 4.6 Comparação dos resultados com estudos de Espanha e Itália

		Valores convertidos						
		Referências	Ano	Total de kgCO ₂ eq	m ² finais	kgCO ₂ eq/m ²	m ² finais	kgCO ₂ eq/m ²
Crómio	Espanha	[59]	2011	1433	185,8	7,713	114	12,57
Crómio	Itália	[59]	2011	1660	185,8	8,934	114	14,56
Crómio	Nobuck	Presente estudo	2019	2304	114	20,21	114	20,21
Crómio	Camurça	Presente estudo	2019	2424	114	21,26	114	21,26

Outro estudo da pegada de carbono presente na literatura, realizado na Tailândia para uma espessura de 1,5±0,1mm, contabilizou, 64,8 kgCO₂eq/m². Este estudo teve por base a metodologia PAS 2050, recorrendo a LCA [60]. O artigo possível de comparação é o artigo Selvagem, uma vez que não utiliza curtimenta a crómio. Sendo que este artigo contabiliza 19,60 kgCO₂eq/m² de pegada de carbono.

Pela revisão da literatura, um estudo da pegada de carbono do couro, realizado no México [61] pelo LCA, com a metodologia ReCiPe Midpoint, as métricas do estudo foram 1 kg de pele de couro em *Wet-Blue* e contabiliza as fases de Ribeira e Curtume. O resultado obtido foi 0,989 kgCO₂eq. Pela conversão dos resultados do presente estudo para 1 kg de couro e a quantificação das duas fases. Verifica-se que os valores do presente estudo são maiores, estes justificam-se pelas métricas propostas do presente estudo, ou seja, o pior cenário do consumo das máquinas. Apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 Comparação dos resultados do estudo do México

	Referências	Ano	kgCO ₂ eq
México	[61]	2018	0,989
Nobuck	Presente estudo	2019	1,205
Camurça	Presente estudo	2019	1,214

Pela literatura, foi realizado um estudo da pegada de carbono em vários países [62], mas só cinco artigos têm métricas de possíveis comparações. Isto porque o presente estudo debate sobre o processo integral.

O estudo da literatura teve por base o LCA, com a metodologia de CML 2001, a métrica escolhida pelo estudo foi de 1 m² de pele acabada e só foram estudados os fatores da água e energia. Os resultados estão presentes na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 Comparação dos resultados da literatura

	Referências	Ano	Curtume	m ²	kgCO ₂ eq/ m ²	Energia (kWh/m ²)	Água (l/m ²)
Espanha	[62]	2016	Crômio	1	1,57	5	136
Tailândia	[62]	2016	Crômio	1	5	4,53	180
Austrália	[62]	2016	Crômio	1	11,4	11,16	136
Argentina	[62]	2016	Vegetal	1	0,12	0,39	214
Espanha	[62]	2016	Vegetal	1	1,15	3,7	106
Nobuck	Presente estudo	2019	Crômio	1	6,05	12,46	96,95
Camurça	Presente estudo	2019	Crômio	1	6,23	12,78	93,16
Selvagem	Presente estudo	2019	Tanino sintético	1	3,92	7,79	111,03

Pela análise da Tabela 4.8, os valores do presente estudo referentes à água do processo, são mais baixos do que os resultados da literatura, com exceção do artigo Selvagem. Pela conversão dos dados da literatura no âmbito da energia, conclui-se que os valores do presente estudo são maiores, relembrando que o presente estudo aborda o pior cenário nos consumos das máquinas.

Por último, compara-se os valores da pegada de carbono com os mais diretos concorrentes da indústria de curtumes, as fibras têxteis. Relembrando que o processo de produção do couro, teve como base kgCO₂eq/ tonelada de pele acabada. O estudo da pegada de carbono das fibras têxteis, foi desenvolvido por LCA, utilizando a metodologia ISO 14040:2006 [63]. A Figura 4.24 apresenta os resultados totais, com os valores da pegada de carbono do couro convertidos.

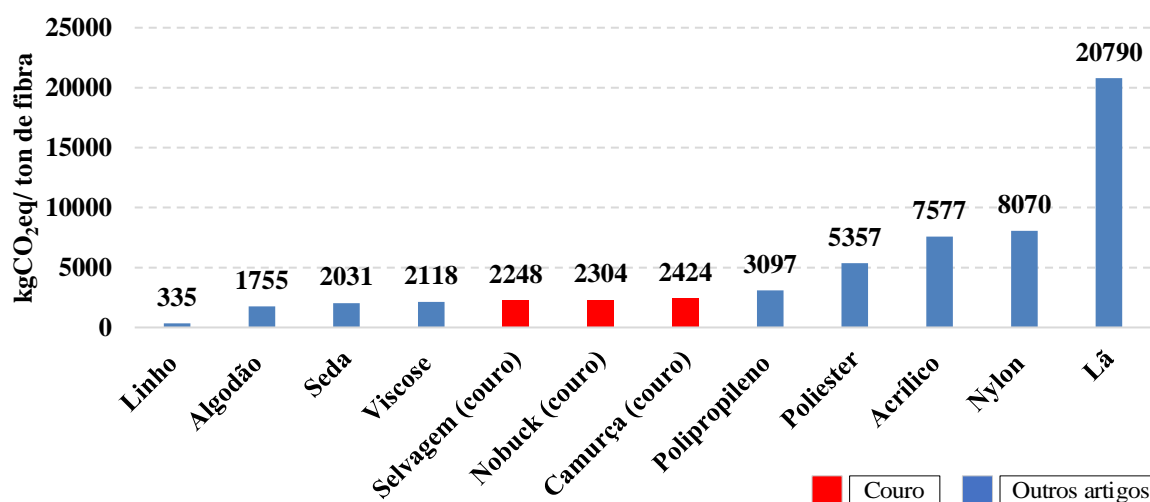


Figura 4.174 Comparação de resultados fibras têxteis e couro [63]

No método de comparação com os artigos do couro há a limitação do ciclo de vida do produto. Este não foi considerado nos limites de estudo da presente dissertação, sendo que este fator tem grande relevância, porque os artigos de couro têm uma maior esperança média de vida, comparados com os artigos de fibras têxteis. Os artigos de couro duram mais tempo que os artigos de fibras têxteis, o que permite prevenir o aumento da pegada de carbono no fabrico de mais artigos.

4.4. Limitações ao estudo

No decorrer da presente dissertação deparou-se com algumas limitações no desenvolvimento da do estudo da pegada de carbono. Uma das limitações foi a premissa da metodologia de *consequential*, para o tratamento de resíduos que não se obteve o valor de impacto das indústrias que reaproveitam os resíduos, como matéria-prima, que implica que o impacto positivo relacionado ao reaproveitamento dos resíduos não foi contabilizado.

Utilizou-se a base de dados EcoInvent 3.5, através do programa OpenLCA, para se obter os fatores de impacto das substâncias químicas, esta encontra-se incompleta o que não possibilitou a obtenção de todos os fatores de impacto relacionado com todas as substâncias químicas utilizadas nos processos.

Pelo programa *ChemSketch* foram realizadas algumas simulações reações, Figura 4.26. Destacando que os valores obtidos do fator de impacto das substâncias químicas contêm um grau de incerteza, uma vez as reações não têm um rendimento de 100 % e têm um fator energético associado às instalações. Porém há elementos onde não há a possibilidade de simular as reações, como os taninos de mimosa e de castanheiro, estes são extratos de origem orgânica que passam por vários processos de tratamento, físico e químico. Nos casos que não se obteve os fatores de impacto de CO₂eq, considerou-se apenas o valor do transporte associado. A Figura 4.25, apresenta uma substância química que foi possível simular [64].

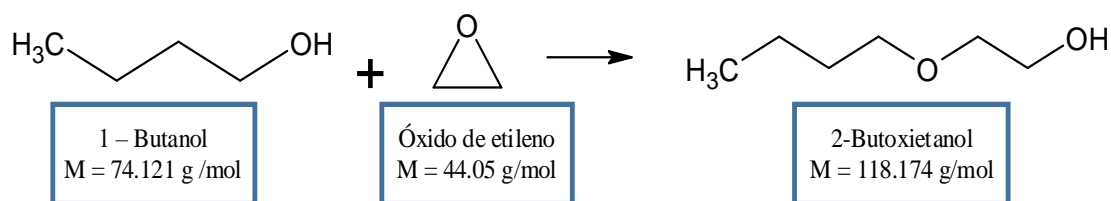


Figura 4.185 Representação da reação de formação do 2-Butoxietanol[64]

Realizou-se o estudo do pior cenário com as máquinas e equipamentos, a operar a 100% da potência do consumo energético específico. Os foulons, contêm duas velocidades de operação, velocidade lenta e velocidade rápida, no estudo não foi admitido que havia diferenças de consumos.

Na recolha de dados das máquinas da instalação algumas não possuíam os dados pretendidos. Optou-se pela incorporação na ferramenta desenvolvida em Excel, máquinas com modelos mais recentes, através da consulta de catálogos [65, 66], procedeu-se pelo mesmo método para os modelos de empilhadoras móveis [67, 68].

A SIRECRO, uma filial da AUSTRA é responsável pelo tratamento dos efluentes que contêm crómio que advém do processo de curtumes, uma vez que o crómio recuperado pode ser reintroduzido novamente no processo. Por falta de dados não foi possível obter o fator de impacto associado à recuperação do crómio, logo foi considerado zero.

Cada pele é uma peça única e de modo a uniformizar o lote, considerou-se que a área retirada aos artigos, através de aparas e cortes, é de 5%. Pela literatura um estudo refere que a área perdida é de 11% [69].

Como a empresa não faz o estudo da humidade da matéria-prima nas várias fases, obteve-se os valores por várias fontes, onde a principal foi as boas práticas para o setor dos curtumes [11] e outros documentos [70].

Por último, a aquisição das quantidades de substâncias químicas que a pele consegue absorver e as quantidades de substâncias química que iam para o efluente. Num estudo consta que a percentagem de crómio presente no efluente em relação à quantidade de crómio utilizada, é de 40% [71]. Este valor serviu de referência e considerou-se que todas as substâncias químicas da fase de curtume, na absorção da pele é de 60 % e a quantidade que vai para o efluente é de 40%.

Tendo estabelecido os valores de absorção da fase de curtume, na fase de ribeira foi considerado que a absorção das substâncias químicas seria de 40% e 60% ia para o efluente. Estes pressupostos tiveram por base, que a fase de ribeira é uma fase de tratamento da pele, onde o objetivo passa pela limpeza e não pela a aderência das substâncias químicas.

Na fase de Recurtume, foi considerado que a absorção das substâncias químicas é de 65% e 35% vão para o efluente, esta fase requer que a absorção das substâncias químicas seja maior do que as fases anteriores para se obter um tingimento eficaz. A ferramenta encontra-se construída de forma dinâmica, o que possibilita otimizações através de trabalhos futuros, com medições mais sensíveis.

4.5. Medidas de mitigação

As medidas de mitigação propostas para a redução do valor da pegada de carbono dos artigos, passa pelo reaproveitamento dos resíduos azuis e de acabamento gerados pela indústria de curtumes. Há a urgência de reutilização destes resíduos, uma vez que as medidas propostas pelos governos limitam a alocação de resíduos em aterros. As leis impulsionam para uma economia circular, onde estes resíduos podem vir a servir de matéria-prima na produção de novos produtos.

No contexto da metodologia *consequential*, a indústria dos curtumes irá receber um valor positivo em relação ao impacto da pegada de carbono das indústrias que reaproveitam os resíduos, permitindo assim uma maior sustentabilidade e responsabilidade de todos os intervenientes. Os resultados apresentados na Figura 4.26, são os valores da pegada de carbono de todos os artigos, se os resíduos não forem depositados em aterro. Nos resultados apresentados, o impacto positivo das indústrias que reaproveitam os resíduos, foi considerado zero.

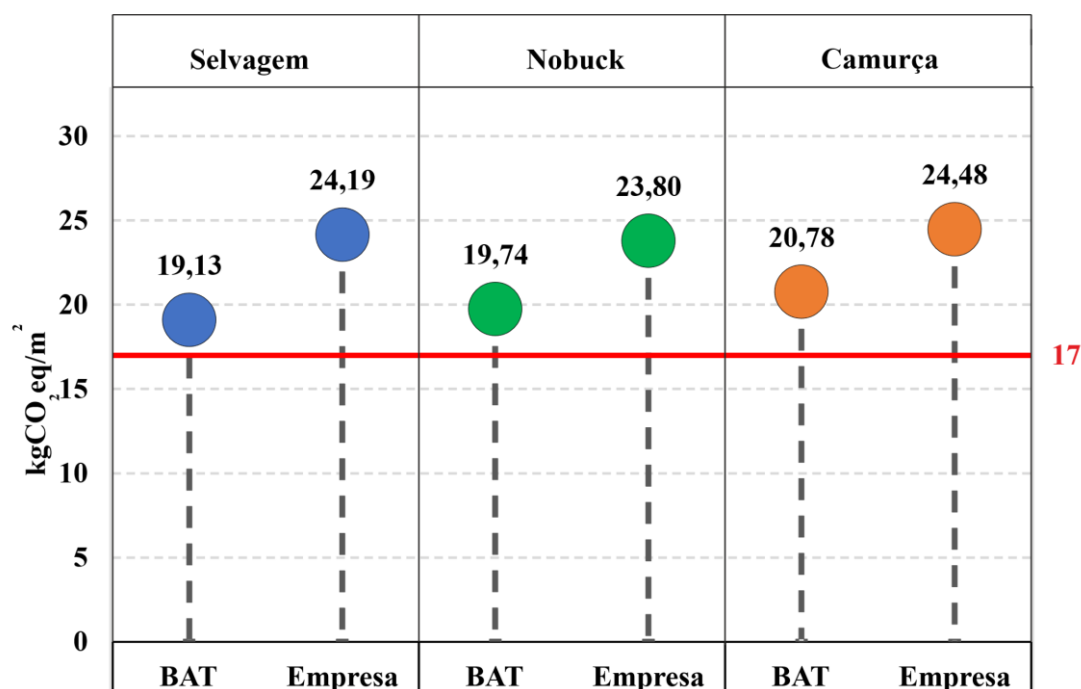


Figura 4.196 Representação dos resultados sem a contabilização dos resíduos com destino a aterro

Outra solução para o destino dos resíduos é a transformação em energia, através de pirolise, na geração de energia elétrica para a entidade da AUSTRA [11]. Esta entidade deixaria de estar responsável pela descarga dos resíduos em aterro, e assim tirar proveito de um bem que na atualidade é enviado para aterro.

Portugal tem sido um exemplo na incorporação de fontes de energia renováveis. Neste sentido estuda-se a medida de mitigação da utilização de painéis solares fotovoltaicos para a iluminação, apresentada na Figura 4.27.

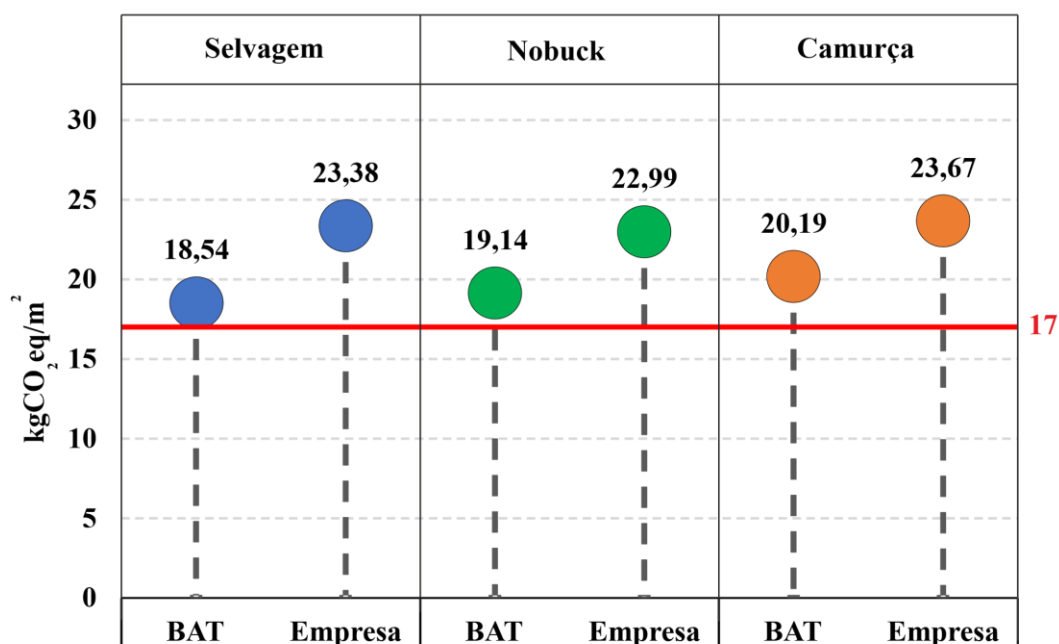


Figura 4.207 Representação dos resultados, pela substituição na iluminação por painéis solares fotovoltaicos

Através dos resultados obtidos pela alimentação da iluminação da fábrica por painéis solares fotovoltaicos, os valores não apresentam um decréscimo significativo.

Só se realizou o estudo para a iluminação da fábrica, uma vez que a alimentação das máquinas do processo, iria exigir um investimento muito avultado, pelo que as máquinas têm um consumo muito elevado de energia elétrica. O investimento para o fornecimento de energia para a iluminação por painéis solares fotovoltaicos, seria de 27059.4 euros para satisfazer a necessidade de 35 kW [72]. Considerou-se que os custos variáveis, da instalação, da manutenção, entre outros, eram 5% do valor do investimento, que corresponde a 1352.97 euros.

Segundo a auditoria energética, o valor da energia elétrica da rede é de 0,128 €/kWh, referente ao ano de 2014, e segundo o catálogo de tarifas da EDP Comercial de 2019 o valor da energia solar é de 0,157 €/kWh. Conclui-se que a energia solar é mais cara do que a energia elétrica da rede, assim empresa só irá alterar a fonte de energia elétrica para energia solar fotovoltaica, sobre uma forte concorrência de mercado ou se os seus clientes exigissem que os seus produtos fossem fabricados com recurso a energia de fonte renovável.

Como referenciado, o estudo aborda as máquinas a funcionarem a 100% da sua potência de consumo de energia elétrica, o que não corresponde à realidade. Procede-se à realização de uma simulação com as máquinas a funcionarem a 65% da sua capacidade de consumo, porém os Foulons não apresentam distinção entre o rodar lento e o rodar rápido. Apresentado na Figura 4.28.

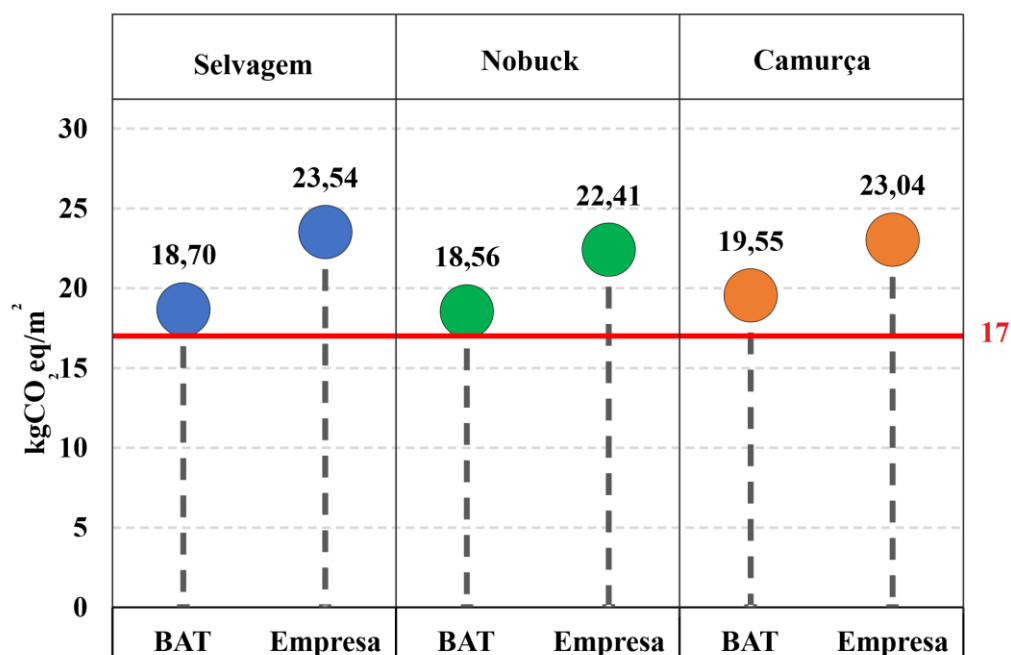


Figura 4.218 Representação dos resultados com as máquinas a funcionarem a 65 % da sua capacidade de consumo energético

Pela Figura 4.28, confirma-se a urgência de se obter uma leitura com maior precisão em relação ao consumo das máquinas, pelo que uma medição mais precisa tem um grande impacto no valor da pegada de carbono final em todos os artigos. A percentagem seleccionada de 65% para as máquinas é um valor arbitrário, por isso na realidade podemos ter certas máquinas a funcionar a um valor ainda mais baixo da sua capacidade de consumo energético, e também podemos ter os foudons a funcionarem em velocidade lenta e/ou rápida.

A Figura 4.29, apresenta a junção das duas medidas propostas e a consideração mais realista do consumo das máquinas. Sendo que se os resíduos forem reaproveitados por outras indústrias, os valores vão ter tendência a baixar, como consta na premissa do método *consequential*.

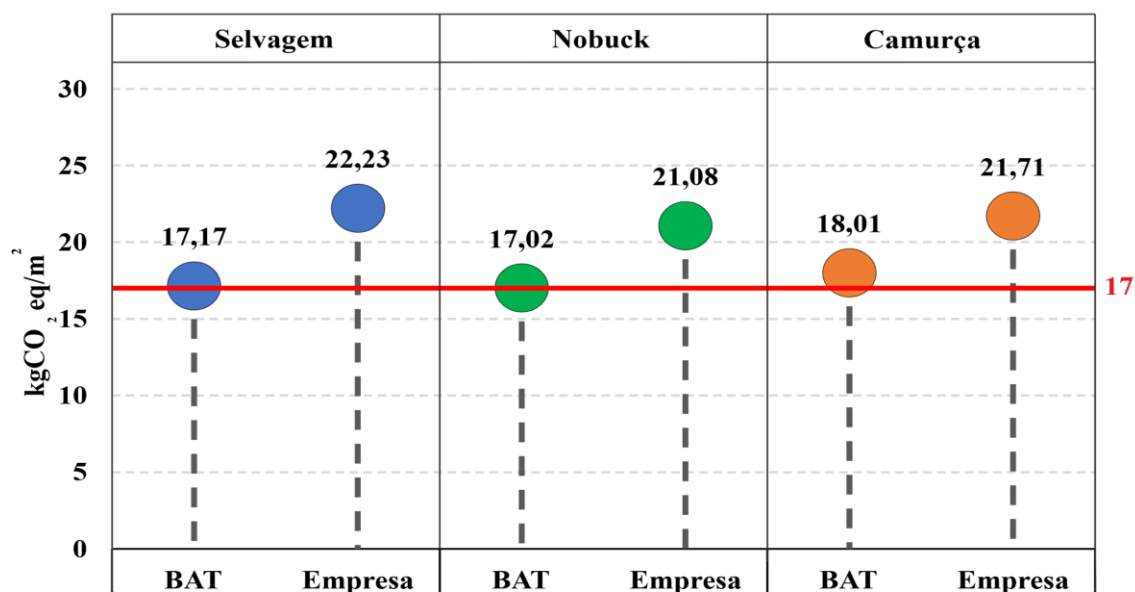


Figura 4.29 Representação da junção das duas medidas de mitigação e da consideração mais realística

Novos estudos também sugerem novas práticas no reaproveitamento dos resíduos gerados pela indústria de curtumes. Os resíduos azuis e resíduos de acabamento, serviriam de matéria-prima para a produção de pavimento, aplicação no isolamento das casas e reaproveitamento para construção de peças de moda [58] [73], que a premissa destas ações assenta na economia circular.

Na conclusão deste capítulo apresenta-se a sensibilidade relativa ao fator do mix de energia elétrica em Portugal, uma vez que o valor do despacho 17313:2008 [51] é antigo. Portugal tem investido muito nas energias de fontes renováveis, o que leva uma diminuição no uso de carvão para produzir energia. Os resultados seguintes são referentes à pegada de carbono dos três artigos, com o mix energético relativo ao ano de 2008, Figura 4.30, ano 2013 Figura 4.31, ano 2019 Figura 4.32 e ano 2020 Figura 4.33.

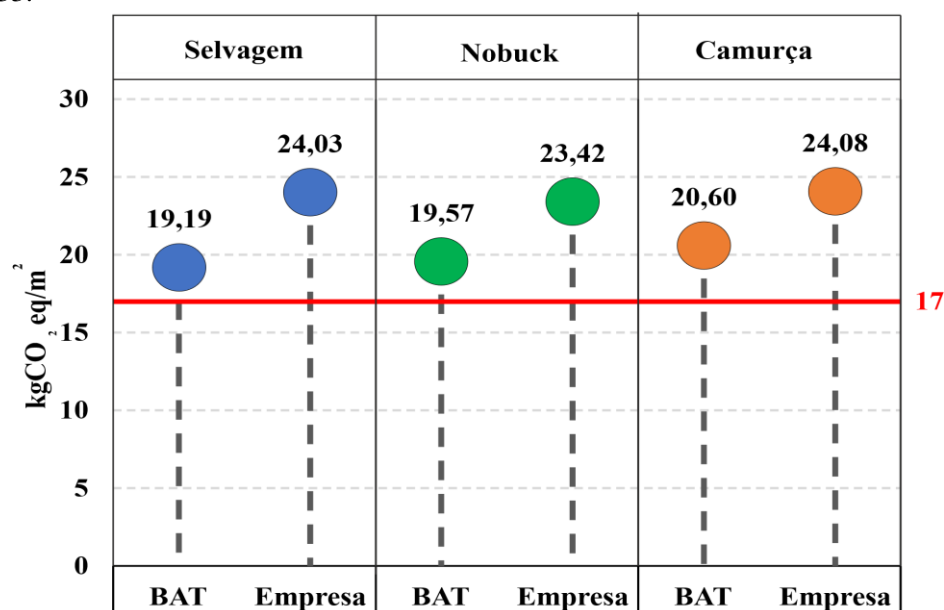


Figura 4.220 Representação dos resultados do mix energético em Portugal, no ano 2008. 0,419 kgCO₂eq/kWh [28]

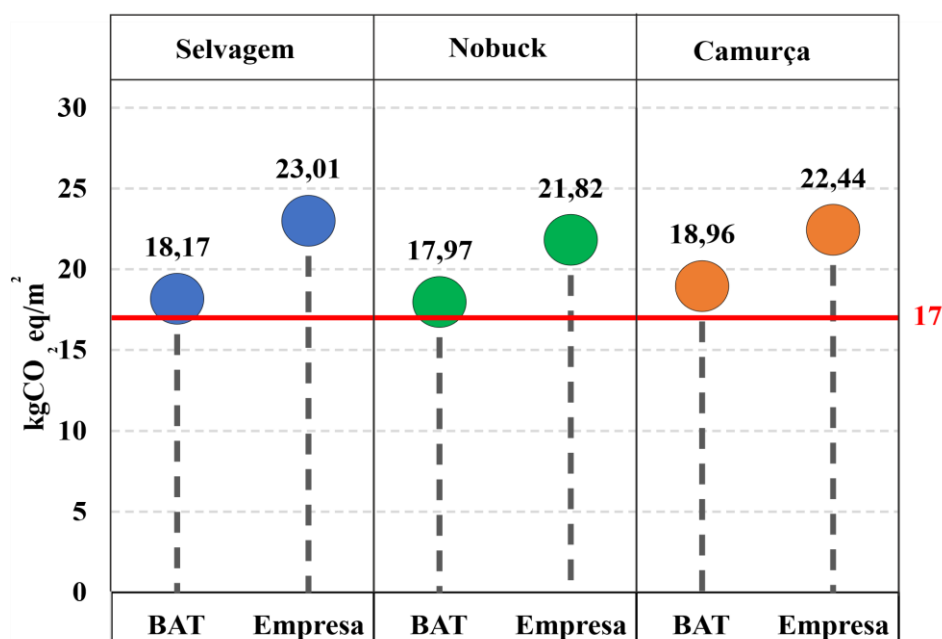


Figura 4.231 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2013, 0,292 kgCO₂eq/kWh[28]

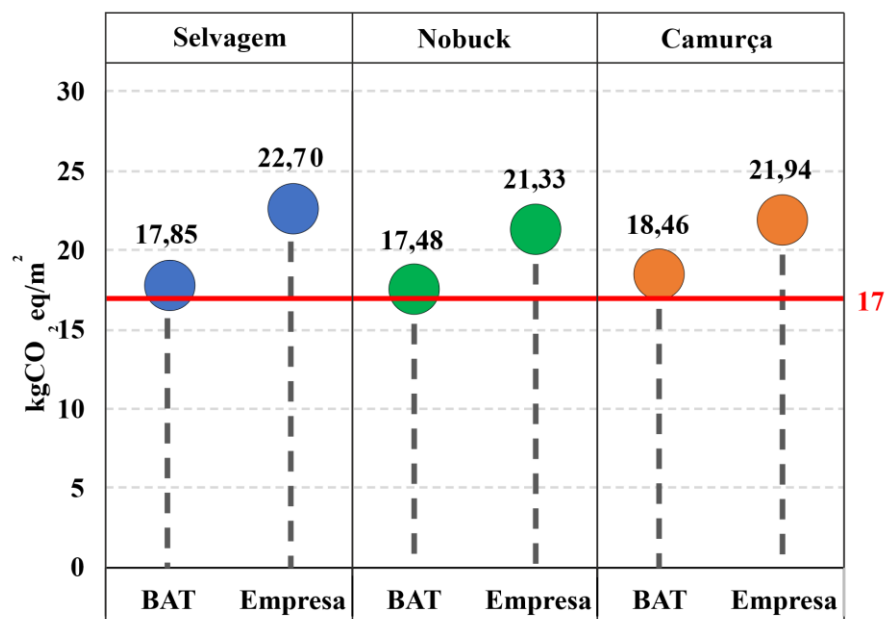


Figura 4.242 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2019, 0,253 kgCO₂eq/kWh [28]

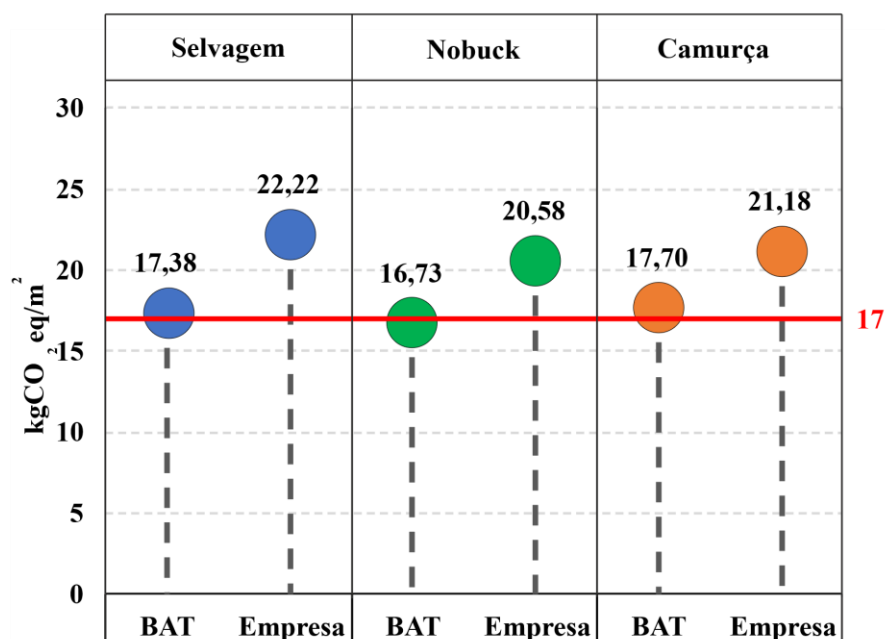


Figura 4.253 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, no ano 2020 (IBERDOLA), 0,194 kgCO₂eq/kWh [74]

Pela análise das Figuras 4.30 à Figura 4.33, podemos averiguar que o mix energético utilizado no estudo tem um impacto muito significativo no valor da pegada de carbono final dos artigos. De realçar o decréscimo significativo nos valores da pegada de carbono dos artigos Nobuck e Camurça. Esta diferença comparada com o artigo Selvagem, demonstra que o fator do mix de energia elétrica tem maior impacto nos artigos em *Wet-Blue*.

No mesmo âmbito, a Figura 4.34 apresenta os valores da pegada de carbono dos três artigos, com fornecimento de energia elétrica de fonte renovável hidroelétrica o ano inteiro, distribuída pela IBERDROLA [52].

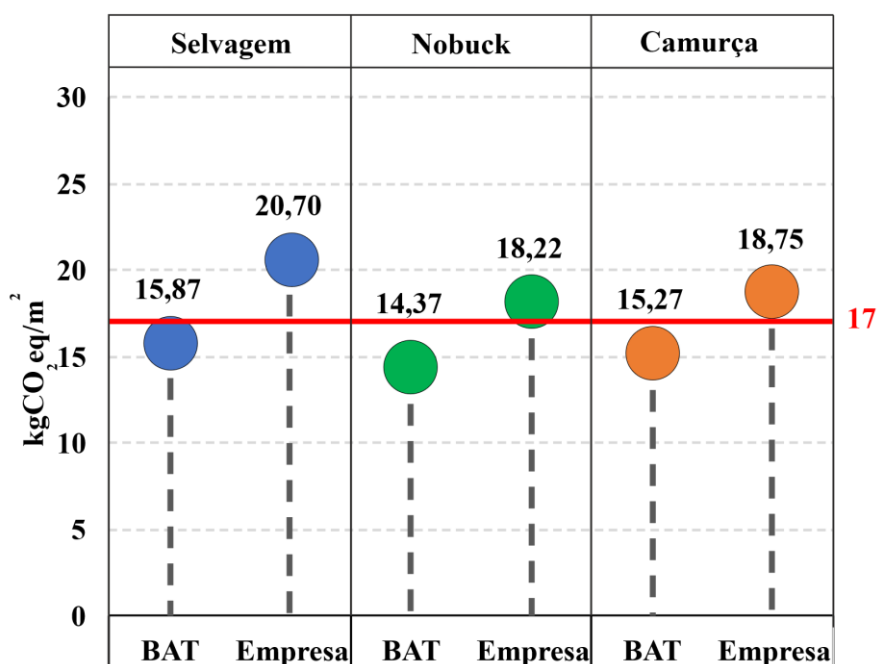


Figura 4.264 Valores da pegada de carbono finais com mix energético de Portugal, de fonte hidroelétrica, 0,006 kgCO₂eq/kWh[52]

Como nos casos anteriores, observa-se um decréscimo significativo nos valores da pegada de carbono totais de todos os artigos, com destaque nos artigos Nobuck e Camurça.

A Tabela 4.9 apresenta valores da pegada de carbono da pele em bruto descartada em aterro, onde não se iria reaproveitar os resíduos das indústrias da carne e laticínios.

Tabela 4.9 Fatores de emissão de CO₂ de resíduos sólidos em aterro [41]

Resíduo de pele em bruto	kgCO ₂ /ton de pele
Carnes em putrefação	624
Sal	624
Pelo	373

5. Conclusões e trabalhos futuros

Com a realização deste estágio foi possível aprofundar o conhecimento à cerca das alterações climáticas e as medidas propostas dos governos a nível mundial para a desaceleração dessas. Também adquirir conhecimento sobre a indústria de curtumes que manufatura artigos que são integrados em produtos que fazem parte do quotidiano da população.

Com a realização do estágio/trabalho de dissertação e através da recolha de toda a informação ao longo de seis meses, conclui-se que muito pouca atividade efetuada pelo ser humano não tem nenhum impacto para o ambiente, assim embora a transformação do couro tenha um valor de pegada de carbono associada, o valor económico que se obtém dos resíduos da indústria da carne e laticínios é melhor do que estes serem gerados e descartados em aterro, promovendo deste modo uma economia circular.

No estudo foi utilizado a unidade funcional de 1 m² de pele acabada, os valores obtidos da pegada de carbono dos três artigos calculada na empresa Marsipel. Os resultados obtidos pelas métricas propostas pelo documento BAT são, o artigo Selvagem (*Wet-White*), 19,60 kgCO₂eq/m², Nobuck (*Wet-Blue*) 20,21 kgCO₂eq/m² e Camurça (*Wet-Blue*), 21,26 kgCO₂eq/m². Os valores dos dados fornecidos pela empresa são, Selvagem 24,44 kgCO₂eq/m², o artigo Nobuck 24,06 kgCO₂eq/m² e o artigo Camurça 24,74 kgCO₂eq/m², sendo que os valores finais estão acima do valor de referência da Norma Europeia 16887:2017, 17 kgCO₂eq/m². As principais medidas de mitigação foram, a valorização dos resíduos, instalação de painéis solares fotovoltaicos e uma consideração do consumo específico de energia elétrica as máquinas a 65%, obteve-se um decréscimo dos valores da pegada de carbono para os artigos do estudo, Selvagem 17,17 kgCO₂eq/m², Nobuck 17,02 kgCO₂eq/m² e Camurça 18,01 kgCO₂eq/m².

As utilidades calculadas para a unidade funcional com as métricas do BAT, obteve-se para o artigo Selvagem 111,03 litros de água do processo/m² de pele acabada, 6,58 kg de substâncias químicas /m² de pele acabada e 7,79 kWh/m² de pele acabada, pelos dados da empresa, 146,74 litros de água do processo/m² de pele acabada, 8,57 kg de substâncias químicas /m² de pele acabada e 7,80 kWh/m² de pele acabada. No artigo Nobuck segundo as métricas do BAT, 94,95 litros de água/m² de pele acabada, 3,96 kg de substâncias químicas/ m² de pele acabada e 12,46 kWh/m² de pele acabada, os resultados dos dados da empresa são, 127,58 litros de água do processo/m² de pele acabada, 5,30 kg de substâncias químicas/m² de pele acabada e 12,48 kWh/m² de pele acabada. No artigo Camurça referente à métricas do BAT, 93,16 litros de água do processo/m² de pele acabada, 4,26 kg de substâncias químicas/m² de pele acabada e 12,79 kWh/m² de pele acabada, os resultados pelos dados da empresa são, 124,56 litros de água do processo/m² de pele acabada, 5,38 kg de substâncias químicas/m² de pele acabada e 12,80 kWh/m² de pele acabada.

Em todos os artigos as substâncias químicas são o fator que mais tem contribuição para o valor da pegada de carbono final. A fase que mais contribui para a pegada de carbono do artigo Selvagem

pelas métricas do BAT é a fase de curtume representando 41% e pelos dados da empresa é a fase de recurtume representando 43%. No artigo Nobuck a fase que mais contribui para o valor final da pegada de carbono é o curtume pelos dados da empresa, 45% e pelas métricas do BAT 44%. O mesmo acontece com o artigo Camurça, em que é a fase de curtume é a que mais tem contributo para o valor da pegada de carbono representando 43% pelas duas métricas.

Através da comparação dos resultados obtidos com os resultados presentes na literatura, conclui-se que os valores do presente estudo são superiores, quando comparados com os artigos do couro pela literatura. De modo a conferir a posição da indústria de curtume com os mais diretos concorrentes, fibras têxteis, chega-se à conclusão de que os valores obtidos estão abaixo de produtos como poliéster, o nylon e lã. O método de comparação contém um grau de incerteza, uma vez que os estudos presentes na literatura abrangem campos, fora dos limites de estudo propostos.

As principais limitações do estudo foram, a não obtenção dos consumos específicos reais das máquinas, a não obtenção de valores da absorção das substâncias químicas da pele, sendo que estes fatores têm um grande impacto no valor da pegada de carbono final e a limitação do número de substâncias químicas existentes na base de dados EcoInvent 3.5.

Os trabalhos futuros da redução da pegada de carbono, deverão ser a introdução das medidas de mitigação propostas e também se sugere que a empresa obtenha valores com maior precisão, na temática de absorção das substâncias químicas, na área perdida pelos recortes e à humidade da matéria-prima ao longo do processo inteiro.

A ferramenta formulada está construída de uma maneira dinâmica, que pelos trabalhos futuros, atualizações de fatores de impacto, e otimizações do processo esta venha a ser atualizada diminuindo o grau de incerteza no valor da pegada de carbono na indústria de curtumes. Realçando que os valores obtidos são referentes a lotes individuais, pelo que cada lote tem as suas características individuais e consequentemente os seus valores de pegada de carbono.

Referências Bibliográficas

- [1] United Nations, “Paris Agreement,” Paris, pp. 1-27, 2015,
- [2] Gac, A., Lapasin, C., Laspière, P., Guardia, S., Ponchant, P., Chevillon, P., Nassy, G. “Co-products from meat processing: the allocation issue,” *Proc. 9th Int. Conf. Life Cycle Assess. Agri-Food Sect. (LCA Food 2014)*, no. IdF 2010, pp. 438–442, 2014.
- [3] Buljan, J., Král, I. “*The framework for sustainable leather manufacture*”, Second Edi. UNIDO, pp. 1-165, 2019.
- [4] CTIC, “Constituição,” 2021. Disponível em: <<http://www.ctic.pt/index.php/pt/ctic/constituicao>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [5] CTIC, “Objetivos,” 2021. Disponível em: <<http://www.ctic.pt/index.php/pt/ctic/objetivos>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [6] Portal das Tecnologias de Produção, “Descrição,” 2021. Disponível em: <<https://portal.produtech.org/company/ctic-centro-tecnologico-das-industrias-do-couro>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [7] CTIC, “Organização e Estrutura,” 2021. Disponível em: <<http://www.ctic.pt/index.php/pt/ctic/organizacao-e-estrutura>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [8] MARSIPEL, “A nossa História,” 2021. Disponível em: <<https://marsipel.wixsite.com/marsipel>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [9] MARSIPEL, “Qualidade e Ambiente,” 2021. Disponível em: <<https://marsipel.wixsite.com/marsipel>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [10] MARSIPEL, “Quem Somos,” 2021. Disponível em: <<https://marsipel.wixsite.com/marsipel>> [Acedido 10 de Abril de 2021].
- [11] CTIC and AUSTRA, “Boas práticas para o setor de curtumes,” pp. 7–121, 2015.
- [12] Black, M., Canova, M., Rydin, S., Scalet, B., Roudier, S., Sancho, L. “*Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins*”, European Commission, pp. 1-295, 2013.
- [13] CTIC, “Resumo de Fabrico,” pp. 1–10, 2016
- [14] Sistema Indústria Responsável, “Curtimenta e Acabamento de Peles,” *Iapmei*, pp. 1–65, 2020.
- [15] Lindsey, R. “Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide,” 2020. Disponível em : <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>> [Acedido 05 de Maio de 2021].
- [16] Comissão Europeia, “Ação climática,” European Commission, pp. 1-16, 2014, doi: 10.2775/86685.
- [17] World Meteorological Organization, “The Changing Atmosphere Implications for Global Security, Toronto, Canada, 27-30 June 1988, Conference Proceedings,” Toronto, June, pp. 1-14, 1988.
- [18] Intergovernmental Panel on Climate Change, “Climate Change: The 1990 and 1992 IPC Assessments,” June, pp. 1-180, 1992
- [19] United Nations, “Kyoto protocol To The United Nations Framework Convention on Climate

- Change ”, Kyoto, December, 1997.
- [20] Council of the European Union, “EU-US Summit - Washington, 30 April 2007,”, Washington, April, pp. 1-49, 2007.
 - [21] G8 Presidency, “G8 Summit 2007 Heiligendamm, Growth and Responsibility in the World Economy,”, Heiligendamm, June, pp. 1-21, 2007.
 - [22] United Nations, “Report of the Conference of the Parties on its fourteenth session, held in Poznan from 1 to 12 December 2008”, Poznan, December, pp. 1-32, 2008
 - [23] United Nations, “Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009, ”, Copenhagen, December, pp. 1-36, 2009
 - [24] Governo Português., “9157 A República Portuguesa é Parte na Convenção Quadro dos seis principais gases com efeito de estufa (GEE) por si regulados e tendo em vista uma redução global das mesmas o seu segundo período de compromisso , compreendido Durante as negociações da Em,”, pp. 1-7, 2015.
 - [25] Agência Portuguesa do Ambiente, “7th National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change 3rd Biennial Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change 4th National Communication in the Context of the Kyoto Protocol”, Portuguese Environment Agency. Amadora, pp. 1-231, 2017.
 - [26] Pereira, T., Amaro, A., Borges, M., Silva, R., Pina, A., Canaveira, P., “Portuguese national inventory report on greenhouse gases, 1990 - 2017 submitted under the artº 5 and 7 of regulation (eu) no. 525/2013 of the european parliament and of the council on the greenhouse gas monitoring mechanism (mmr) ”, Portuguese Environment Agency. Amadora, pp. 1-740, 2019.
 - [27] Agência Portuguesa do Ambiente, “Inventário Nacional de Emissões 2020 (Estimativa de emissões de GEE de 2018),”, pp. 1-10, 2020.
 - [28] Observatório da Energia; DGEG; ADENE, “Energia em Números - Edição 2020”. Lisboa, pp. 1-149, 2020.
 - [29] Governo Português, “Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050,” , pp. 1-102, 2019.
 - [30] Intergovernmental Panel on Climate Change, “Global warming of 1.5°C,” Katowice, pp. 1-630, 2018. doi: 10.1038/291285a0.
 - [31] Agência Portuguesa do Ambiente, “Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030),” *Plano Nat. Energ. E Clima 2021-2030 (Pnec 2030)*, vol. 2030, no. Pnec 2030, pp. 1–200, 2019.
 - [32] Brugnoli, F., “Life Cycle Assessment , Carbon Footprint in Leather Processing”, vol. 48. Shanghai: UNIDO, pp. 1-74, 2012.
 - [33] Intergovernmental Panel on Climate Change, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Reporting Instructions,” pp. 11–13, 1996.
 - [34] Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Irving, W., Krug, T., “2006 IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,”, Institute for Global Environmental Strategies, Japan, p. 1-6, 2006.
 - [35] World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and World Resources Institute (WRI), “A Corporate Accounting and Reporting Standard,” *Greenhouse Gases Protocol.*, pp. 1–116, 2004.

- [36] Garcia, R., Freire, F. “Carbon footprint of particleboard: A comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration,” University of Coimbra, Department of Mechanical Engineering, vol. 66, pp. 199–209, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.073.
- [37] Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.F., Lee, D. Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takamura, T., Zhang, H., Asmaas, B., Boucher, O., Dalsoren, S. B., Daniel, J. S., Forster, P., Granier, C., Haigh, J., Hodneborg, O., Kaplan, J. O., Marston, G., Nielsen, C. j., O'Neill, B. C., Peter, G. P., Pongratz, J., Prather, M., Ramaswamy, V., Roth, R., Rotstayn, L., Simth, S. J., Stevenson, D., Vernier, Wild, O., Young, P., “*Anthropogenic and natural radiative forcing*”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp 659-740 . 2013.
- [38] Eicher, L. D., Kuert, W., Marechal, R., Grey, ., Frontard, R., Sturen, O., Thor, A., BArchietto, R., “Frindship among equals Recollections from ISO’s first fifty years”., ISO Central Secretariat, Switzerland, pp. 1-87, 1997.
- [39] ISO/TC 207/SC 7, “Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication (Draft International Standard ISO/DIS 14067),”, International Organization for Standardization, pp. 1-60, 2012.
- [40] Carbon Trust, Defra, BSI British Standards, PE International, Food and Drink Federation, Manchester Business School, EuGeos Ltd, Adas Uk Ltd, “*Guide to PAS 2050 How to assess the carbon footprint of goods and services*”. Londres: BSI, pp. 1-58 2008.
- [41] United Nations, “Leather Carbon Footprint Review of the European Standard EN 16887 : 2017,”, pp. 1-31, 2017.
- [42] De Rosa- Giglio, P., Fontanella, A., Gonzalez-Quijano, G., Ioannidis, I., Nucci, B., Brugnoli, F., “Product environmental,”, April 2018, pp. 1-160, 2020.
- [43] European Commission, “Product Environmental Footprint Category Rules Guidance,”, European Commission, PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December, pp. 1-238, 2017.
- [44] Ekvall, T., Azapagic, A., Finnveden, G., Rydberg, T., “Attributional and consequential LCA in the ILCD handbook,”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 293–296, 2016, doi: 10.1007/s11367-015-1026-0.
- [45] Brander, M., Tipper, R., Hutchison, C., Davis, G., “Technical Paper | Consequential and Attributional Approaches to LCA : a Guide to Policy Makers with Specific Reference to Greenhouse Gas LCA of Biofuels,”, April, pp. 1-14, 2008.
- [46] Hischier, R., Weidema, B., Althaus, H. J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Frischnecht, R., Hellweg, S., Humbert, S., Jungbluth, N., Kollner, T., Loerincik, Y., Margni, M., Nemeck, T., “Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods,” no. 3, St. Gallen, pp. 1-176, 2010.
- [47] European Commission, Institute for Environment and Sustainability “ILCD Handbook - Background Document: Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment - First edition.”, Institute for Environment and Sustainability, European Commission, pp. 1-115, 2010
- [48] Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J., Zelm, R. V., “ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method wich comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level,” First edition, pp. 1-134, 2013.

- [49] Isabel, S., Martins, S., Leitão, M., “Análise comparativa dos métodos de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida na sua aplicação a processos químicos Engenharia e Gestão Industrial,” Técnico Lisboa, Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, pp. 1-109, 2016.
- [50] Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M.D.M., Holander, A., Zijp, M. van Zelm, R., “ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization”, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, pp. 1-201, 2016.
- [51] D. Co, “Direcção Regional da Economia de Lisboa Região de Turismo do Alto Minho (Costa Verde),” pp. 27912–27913, 2008.
- [52] Kofii, B., Cerutti, S., Duerr, M., Iancu, A., Kona, A., Janssens-Maenhout, G., “CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union Dataset Version 2017,” European Commission., pp. 1–13, 2017.
- [53] European Automobile Manufacturers Association, “CO₂ emissions from heavy-duty vehicles preliminary CO₂ baseline (Q3-Q4 2019) estimate”, pp. 1-12, 2020.
- [54] Dallmann, T., Jin, L., “Fuel efficiency and climate impacts of soot-free heavy-duty diesel engines,” 2020 International Council on Clean Transportation, no. June, pp. 493–494, 2020.
- [55] European Commission “Annexes to the Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council setting CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles,”, Brussels, pp. 1-12, 2018.
- [56] European Commission, “ Report from the Commission 2019 Annual Report on CO₂ Emissions from Maritime Transport,”, Brussels , pp. 1-77, 2020.
- [57] Office of Rail and Road, “Rail Emissions 2019-20,”, November, pp. 1-12, 2020.
- [58] Muthu, S., “*Leather and Footwear Sustainability Manufacturing, Supply Chain, and Product Level Issues*”. Springer, Singapore, pp. 1-298, 2020. doi: 10.1007/978-981-15-6296-9
- [59] Notarnicola, B., Puig, R., Raggi, A., Fullan, P., Tassielli, G., Camillis, C., Rius, A., “Life cycle assessment of Italian and Spanish Bovine Leather Production Systems,” pp. 167–180, 2011.
- [60] Chen, K. W., Lin, L. C., Lee, W. S., “Analyzing the carbon footprint of the finished bovine leather: A case study of aniline leather,” National Taipei University of Technology, Department of Energy and Refrigerating Air- conditioning Engineering, Taiwan, vol. 61, pp. 1063–1066, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.1023.
- [61] Padilla-Rizo, B., Maldonado-Santoyo, M., Bautista-Rodríguez, M., Mora- Maldonado, L., Soto- Maldonado, J., Zitzumbo- Guzmán, R., Arias- Hernández, L., “Studing type wet blue tannery process for estimating environmental performance using the Life Cycle Analysis methodology: A Case Study in Mexico,” International Journal of Scientific and Research Publications, vol. 8, no. 6, pp. 1-14, 2018, doi: 10.29322/ijsrp.8.6.2018.p7854.
- [62] Laurenti, R., Redwood, M., Puig, R., Frostell, B., “Measuring the Environmental Footprint of Leather Processing Technologies,” Yale University., pp. 1–8, 2016, doi: 10.1111/jiec.12504.
- [63] Moazzem, S., Crossin, E., Daver, F., Wang, L., “Baseline scenario of carbon footprint of polyester t-shirt,” Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2018, doi: 10.3993/JFBIM00262.
- [64] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) “Public Health Statement 2-Butoxyethanol and 2-Butoxyethanol Acetate,”, Atlanta, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, August, pp. 1-8, 1998.

- [65] Gemata, Catalogo “Deepcolor,” *Gemata*, pp.1-2, 2017.
- [66] Gemata, Catalogo “Topstar,” *Gemata*, pp. 1–5, 2017.
- [67] Toyota, Catalogo “Electric powered forklift Traigo 80,” pp. 6–9, 2018.
- [68] Linde, Catalogo “Internal Combustion Engine Counterbalance Truck H50 – H80 EVO,” pp. 1–9, 2018.
- [69] Figueiredo, J., Nogueira, C., Pedrosa, F., Guimarães, J., “Guia técnico setor dos curtumes,” Plano Nacional de Prevenção dos Resíduos Industriais, Lisboa, pp. 1-110, 2000.
- [70] BASF, “*Pocket Book for the Leather Technologist*”, Fourth edition. Ludwigshafen am Rhein, pp. 1-454, 2003.
- [71] Putshaka, J., Tanko, S., Boniface, A., “Shake it up,” *Leather International*, pp. 1–52, Aug. 2019.
- [72] Livre Power lda, “Kit 4000 W com baterias,” 2021. Disponível em: <<http://livre.pt/pt/374-com-baterias-kit-reducao-da-conta-4000w.html>> [Acedido 01 de Junho de 2021].
- [73] Melanda, C. “Reconciliação,” Escola Superior de Artes e Design Instituto Politécnico de Leiria, pp. 1-83, 2020.
- [74] Iberdrola, “Origem da Enrgeia IBERDROLA Portugal,” 2021. Disponível em: <<https://www.edp.pt/origem-energia/>> [Acedido 8 de Junho de 2021].

Anexos A- Identificação do consumo elétrico

No contexto de averiguar quais as máquinas que mais contribuem para o valor da pegada de carbono total, surgiu a urgência de realizar gráficos em que se identifica as dez máquinas onde o consumo elétrico é maior, apresentada na figura A.1.

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura A.1 Representação do Top 10 do consumo das máquinas, por kWh/ ton de pele, artigo Selvagem

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura A.2 Representação do Top 10 do consumo das máquinas, por kWh/ ton de pele, artigo Nobuck

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura A.3 Representação do Top 10 do consumo das máquinas, por kWh/ ton de pele, artigo Camurça

Como se pode averiguar os três artigos apresentam máquinas diferentes, sendo os artigos *Wet-Blue* apresentam resultado das máquinas idênticos.

Anexos B- Identificação do valor da pegada de carbono

Para quantificar a maior impacto na pegada de carbono das máquinas utilizadas, recorreu-se a formulação de gráficos que representam os níveis de kgCO₂eq/ ton de pele do top dez das máquinas, seguindo o valor do mix energético fornecido pelo despacho 17313:2008, 0,47 kgCO₂eq/kWh

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura B.1 Representação do Top 10 da pegada de carbono das máquinas, por kgCO₂eq/ ton de pele, artigo Selvagem

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura B.2 Representação do Top 10 da pegada de carbono das máquinas, por kgCO₂eq/ ton de pele, artigo Nobuck

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura B.3 Representação do Top 10 da pegada de carbono das máquinas, por kgCO₂eq/ ton de pele, artigo Camurça

Os resultados dos gráficos, representam que o fator de impacto relacionado com a eletricidade, vai ter uma influencia maior nos artigos Nobuck e Camurça, pelo que nas medidas de mitigação, relacionadas às máquinas a funcionarem a 65% da sua capacidade de consumo e nos gráficos onde se utilizou um mix energético mais atual, verifica-se que um decréscimo mais acentuado nestes dois artigos do que no caso do artigo Selvagem, onde o fator da eletricidade não vai ter tanto impacto como nos artigos em *Wet-Blue*.

Anexos C- Identificação do consumo de substâncias químicas

De modo a promover um estudo assimétrico, também foram elaborados gráficos, relacionados com as quantidades de químicos utilizados nos processos, mais uma vez o top dez.

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura C.1 Representação do Top 10 das substâncias químicas utilizadas no processo, por kg substâncias químicas/ ton de pele, artigo Selvagem

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura C.2 Representação do Top 10 das substâncias químicas utilizadas no processo, por kg substâncias químicas/ ton de pele, artigo Nobuck

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura C.3 Representação do Top 10 das substâncias químicas utilizadas no processo, por kg substâncias químicas/ ton de pele, artigo Camurça

Verifica-se nos gráficos acima que para a manufatura do artigo Selvagem, utiliza-se mais kg de substâncias químicas do que os artigos em *Wet-Blue*, o fator de impacto relacionado com as substâncias químicas vai ter maior relevância no artigo em *Wet-White*. Demonstra-se assim, o porque dos valores de pegada de carbono, resultantes das alterações do mix energético, os valores do artigo Selvagem, não demonstrarem, uma descida tao significativa como os artigos em *Wet-Blue*, pelo que o fator que tem maior impacto na pegada de carbono final, esta relacionado com as substâncias químicas, isto no artigo Selvagem

Anexos D- Fluxogramas e Balanços mássicos dos dados da empresa

Foram também elaborados fluxogramas e balanços mássicos dos dados da empresa, onde a maior divergência do estudo realizado, incorpora as métricas dos resíduos gerados.

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.1 Fluxograma do artigo Selvagem, métricas da empresa (1 de 2)

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.1 Fluxograma do artigo Selvagem, métricas da empresa (2 de 2)

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (1 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (2 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (3 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (4 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (5 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.1 Balanços mássicos do artigo Selvagem, métricas da empresa (6 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.0.2 Fluxograma do artigo Nobuck, métricas da empresa (1 de 2)

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.2 Fluxograma do artigo Selvagem, métricas da empresa (2 de 2)

Tabela D.0.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (1 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (2 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (3 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (4 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (5 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.2 Balanços mássicos do artigo Nobuck, métricas da empresa (6 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.0.3 Fluxograma do artigo Camurça, métricas da empresa (1 de 2)

Esta figura foi retirada por questões de confidencialidade

Figura D.3 Fluxograma do artigo Camurça, métricas da empresa (2 de 2)

Tabela D.0.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (1 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (2 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (3 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (4 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (5 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade

Tabela D.3 Balanços mássicos do artigo Camurça, métricas da empresa (6 de 6)

Esta tabela foi retirada por questões de confidencialidade